Dr. Ir. Paiman, M.P.

PERANCANGAN PERCOBAAN UNTUK PERTANIAN

Penerbit
UPY Press

Perpustakaan Nasional RI: Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Penulis:
Dr. Ir. Paiman, MP.

Rancangan Percobaan Untuk Pertanian

xiv + 426 hal, 18 cm x 23 cm

ISBN: 978-602-73690-0-9

Editor :
Ir. Ardiyanta, M.Sc.

Penyunting :
Drs. Muh. Kusberyunadi, MMA.

Desain Sampul dan Tata Letak :
Nugraha, S.Pd.

Penerbit:
UPY Press

Alamat Redaksi:
Jl. PGRI I Sonosewu No. 117, Yogyakarta
Telp (0274) 376808, 373198, 418077 Fax. (02740) 376808
Email: upypress@gmail.com
http://www.upy.ac.id

Cetakan pertama, September 2015

KATA PENGANTAR

Penulis panjatkan puji syukur kehadlirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah serta inayahnya hingga terwujudnya pikiran penulis dapat termuat dalam buku ini.

Buku : "**PERANCANGAN PERCOBAAN UNTUK PERTANIAN**" yang terdiri dari 20 bab. Bab-bab dalam buku ini mencakup beberapa hal, yaitu: pengertian dan rancangan percobaan; uji perbedaan antara dua rerata perlakuan (uji t); distribusi F; pembanding berganda; koefisien orthogonal polinomial; rancangan acak lengkap (RAL), rancangan tersarang (RT), rancangan acak lengkap kelompok (RALK), rancangan bujur sangkar latin (RBL); transformasi data; kontras orthogonal dalam RAL maupun dalam RALK. Percobaan faktorial, rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dan rancangan acak lengkap kelompok (RALK) faktorial, kontras orthogonal dalam RAL faktorial maupun RALK faktorial, rancangan petak terbagi (RPT) dalam RALK, kontras orthogonal pada RPT dalam RALK dan rancangan petak terbagi kelompok (RPTK) dalam RALK.

Pada dasarnya buku ini lebih fokus menjelaskan tentang teknik merancang percobaan yang baik untuk percobaan laboratorium (*in door*) maupun lapangan (*out door*). Buku ini membahas tentang rancangan lingkungan dengan rancangan dasar yaitu: rancangan acak lengkap (RAL), rancangan tersarang (RT), rancangan acak lengkap kelompok (RALK), rancangan bujur sangkar latin (RBL). Rancangan perlakuan dengan percobaan faktor tunggal dan faktorial.

Isi buku disusun berdasarkan referensi buku-buku atau jurnal-jurnal yang penulis telah baca saat masih kuliah hingga saat ini, pengalaman dalam melakukan analisis data, membuat modul kuliah dan saat membimbing mahasiswa dalam menyusun tugas akhirnya.

Sengaja penulis berikan contoh-contoh data dan cara analisis ragamnya, serta contoh-contoh cara uji lanjut perbedaan antar rerata perlakuan. Penulis juga memberikan contoh-contoh cara untuk analisis regresi dari pengaruh perlakuan kuantitatif (*numeric*) terhadap respon perlakuan pada objek percobaan. Penulis juga memberikan contoh-contoh cara interpretasi data dan penyajian hasil akhir analisis data baik berupa ringkasan (*summary*), tabel-tabel dan gambar-gambar.

Buku ini dapat dimanfaatkan sebagai acuan belajar bagi para mahasiswa Fakultas Pertanian, khususnya Program Studi Agroteknologi dalam mengikuti kuliah rancangan percobaan dan juga para pengajar atau peneliti. Contoh-contoh analisis data yang ditulis secara lengkap dalam buku ini bertujuan agar dapat membantu mahasiswa, pengajar dan peneliti untuk mempelajari dan memahaminya dengan baik dan benar tentang perancangan percobaan.

Semoga buku ini bermanfaat bagi para mahasiswa, pengajar dan peneliti maupun masyarakat. Penulis menyadari bahwa isi dalam buku ini masih banyak kekurangannya. Oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang selalu penulis tunggu dalam rangka perbaikan buku ini sehingga materi yang termuat sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini dan ke depan.

Yogyakarta, September 2015

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

BAB 1
PENGERTIAN DAN RANCANGAN PERCOBAAN

1.1. Percobaan dan Rancangan Percobaan

1.1.1. Pengertian Percobaan

Percobaan adalah suatu pengamatan yang direncanakan dengan baik untuk menemukan fakta-fakta baru atau untuk memperkuat atau menolak hasil-hasil percobaan yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Fakta-fakta baru yang diperoleh dari percobaan dapat membantu menentukan suatu rekomendasi misalnya, misalnya: cara pengendalian gulma, penggunaan varietas-varietas unggul, cara-cara bercocok tanam yang tepat, dosis pemupukan yang tepat dan lain-lain.

Percobaan dapat dibagi menjadi tiga katagori, yaitu: 1) Percobaan pendahuluan (*preliminary experiment*), 2) Percobaan dengan ketelitian tinggi (*critical experiment*) dan 3). Percobaan demontrasi (*demonstratical experiment*).

Peneliti pada percobaan pendahuluan (*preliminary experiment*) mencoba sejumlah perlakuan untuk memperoleh keterangan atau petunjuk-petunjuk untuk melakukan tindakan berikutnya. Pada percobaan pendahuluan tidak diperlukan ketepatan yang tinggi, sehingga pada umumnya percobaan ini hanya dilakukan 1 kali dan tanpa ulangan.

Pada percobaan dengan ketelitian tinggi (*critical experiment*) diperlukan pengamatan-pengamatan yang cukup dari respon (material percobaan) terhadap perlakuan-perlakuan yang diujikan, sehingga respon terhadap perlakuan-perlakuan yang diuji dapat dibandingkan satu dengan yang lain dan dapat diamati perbedaan-perbedaan yang nyata antar respon terhadap perlakuan.

Percobaan demonstasi dilakukan oleh para penyuluh untuk mendemonstrasikan dari keunggulan penemuan baru terhadap standar (kontrol).

Di Indonesia khususnya pada bidang pertanian, umumnya percobaan dibagi menjadi 3 katagori, yaitu:

1. Percobaan (*experiment*)
2. Pengujian (*trial*)
3. Demonstrasi (*demonstratical*)

Pembagian percobaan di atas disesuaikan dengan lembaga-lembaga yang akan menanganinya. Percobaan hendaknya dilakukan oleh Perguruan Tinggi dan lembaga penelitian. Pengujian dilakukan oleh Direktorat Bina Produksi. Percobaan demonstrasi dilakukan oleh Direktorat Penyuluhan, yang semuanya di bawah Direktorat Jendral Pertanian kecuali Perguruan Tinggi.

Di dalam buku ini hanya akan dibicarakan percobaan dengan ketelitian tinggi (*critical experiment*) saja. Untuk itu perlu ditentukan dahulu besarnya populasi, dimana kesimpulan-kesimpulan dari percobaan akan berlaku bagi populasi, kemudian merancang percobaan, dan selanjutnya mengamati variabel-variabel yang dipelajari.

Suatu percobaan dilakukan untuk dapat menjawab satu atau lebih pertanyaan atau permasalahan. Oleh karena itu perlu ditentukan dahulu perlakuan-perlakuan yang akan dibandingkan sebelum melakukan percobaan. Di dalam melakukan percobaan, dibuat pengukuran-pengukuran dan pengamatan-pengamatan pada *experimental material*. Informasi yang diperoleh dari pengamatan pada percobaan, selanjutnya dicoba untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan atau permasalahan yang ada. Percobaan yang baik harus dapat mengajukan pertanyaan yang tepat dalam bidang yang dikaji dan dilaksanakan prosedur-prosedur percobaan yang akan menjawab pertanyaan tersebut.

Experimental design adalah seperangkat aturan yang dipakai untuk mengambil contoh dari populasi yang diteliti. Misalnya dalam membandingkan dua perlakuan, apakah pengamatan-pengamatan yang dibuat perlu berpasangan atau tidak.

1.1.2. Tujuan dari suatu percobaan

Hal-hal yang harus dinyatakan secara jelas dalam merancang suatu percobaan:

1. Tujuan atau pertanyaan yang akan dijawab
2. Hipotesis yang akan diuji
3. Pengaruh-pengaruh dari perlakuan yang akan diduga

Jika memungkinkan, maka tujuan-tujuan percobaan dapat digolongkan menjadi tujuan yaitu: mayor dan minor, karena rancangan percobaan tertentu akan memberikan ketepatan yang lebih tinggi terhadap perbandingan-perbandingan yang lain.

Ketepatan atau presisi (*precision*), kepekaan atau banyaknya informasi yang akan diperoleh dari suatu percobaan berbanding terbalik dengan varians rata-rata contoh (σ_x^2). Jadi presisi = $\frac{1}{\sigma_x^2}$. Oleh karenanya makin besar contohnya (n), makin tinggi presisinya. Rata-rata σ_x^2 = $\frac{\sigma_x^2}{n}$, berarti makin bisa diamati perbedaan yang lebih kecil antara dua rerata populasi.

Populasi dari subjek yang dipelajari perlu ditentukan secara tegas, kemudian diambil contoh (*sample*) secara acak (*random*). Misalnya populasi dirancang untuk membandingkan efektivitas beberapa fungisida untuk memberantas *Pyricularia oryzae* pada tanaman padi di suatu daerah. Pada daerah tersebut petani pada umumnya menanam beberapa varietas. Agar rekomendasi yang akan dicari ini mempunyai kegunaan yang tinggi, fungisida-fungisida perlu dicobakan tidak hanya pada satu varietas saja, tetapi pada beberapa varietas sehingga bisa diketahui ada tidaknya suatu fungisida yang dapat direkomendasikan bagi semua varietas kecuali yang tidak terpengaruh oleh efek fungisida yang dicoba.

1.1.3. Rancangan percobaan

Rancangan percobaan dapat diartikan secara sempit dan luas. Arti sempit yaitu suatu proses merencanakan percobaan sehingga hasil yang diperoleh dari percobaan itu dapat memecahkan masalah yang tepat (sahih atau *valid*). Arti luas yaitu mencakup langkah-langkah yang berurutan secara menyeluruh dan lengkap yang dibuat terlebih dahulu, serta cara pelaksanaan percobaan agar data yang diperoleh dapat dianalisis secara objektif dan dapat digunakan untuk mengadakan suatu inferensi (kesimpulan) yang valid berkenaan dengan masalah yang sedang dihadapi.

Kegunaan rancangan percobaan:

Kegunaan dari rancangan percobaan adalah untuk memperoleh suatu keterangan yang maksimum mengenai cara membuat percobaan dan proses perencanaan serta pelaksanaan percobaan yang akan dilakukan.

1.2. Jenis-jenis Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan harus mempunyai ciri-ciri tertentu dan memberikan keterangan yang cukup jelas untuk memecahkan masalah yang akan diteliti atau dicoba. Adapun jenis-jenis rancangan percobaan yaitu:

1. *Pra experimental design*
   Penelitian yang dirancang dengan hanya mempunyai sedikit ciri-ciri suatu rancangan percobaan.
2. *Design experimental* semu
   Rancangan percobaan, dimana sebagian besar dari ciri-ciri *design* percobaan terdapat di dalamnya.

3. *Design experimental* sebenarnya
   Rancangan percobaan yang memuat ciri-ciri lengkap yang diperlukan oleh sebuah percobaan sehingga rancangan tersebut mempunyai validitas yang tinggi.

1.3. Validitas dalam Rancangan Percobaan

Validitas menunjukkan sejauh mana suatu alat ukur dapat mengukur objek yang ingin diukur. Pada rancangan percobaan terdapat dua jenis validitas, yaitu:

1. *Validitas external*
   Validitas yang diperoleh dengan cara mengkorelasikan alat pengukur baru dengan tolok ukur lama yang sudah *valid*. Apabila kedua angka tersebut berkorelasi secara nyata (*significant*), maka kedua jenis alat pengukur tersebut memiliki validitas *external*. Perlu dilakukan randomisasi atau sampling semaksimal mungkin sehingga hasil dari percobaan cukup representatif untuk mewakili populasinya.

2. Validitas internal
   Validitas yang diperoleh untuk menggambarkan bahwa perbedaan hasil yang ditunjukkan dalam percobaan tersebut benar-benar disebabkan oleh variabel yang sedang diteliti atau oleh variabel lain. Sehingga perbedaan yang diperlihatkan benar-benar disebabkan oleh perlakuan yang diberikan, bukan oleh faktor atau variabel lain di luar perlakuan.

1.4. Ciri-ciri dan Prinsip Dasar Rancangan Percobaan

1.4.1. Ciri-ciri rancangan percobaan

1. Variabel-variabel serta kondisi yang diperlukan diatur secara ketat dan dikontrol. Manipulasi terhadap variabel baik secara langsung atau tidak langsung dapat dilakukan.

2. Variabel-variabel yang ingin diteliti selalu dibandingkan dengan variabel kontrol
3. Analisis ragam (*analysis of variance*) selalu digunakan, untuk:
   - Meminimkan ragam dari *error* (kesalahan)
   - Meminimkan ragam variabel yang tidak termasuk dalam variabel-variabel yang ingin diteliti.
   - Memaksimumkan ragam dari variabel-variabel yang diteliti dan berkaitan dengan hipotesis yang dibuat.

1.4.2. Tiga prinsip dasar rancangan percobaan

Dalam rangka meningkatkan validitas, maka rancangan percobaan harus diarahkan kepada peningkatan validitas *external* dan *internal* dari suatu percobaan. Untuk itu ada tiga prinsip dasar yaitu: replikasi, randomisasi (berhubungan dengan validitas *external*) dan kontrol *internal* (berhubungan dengan validitas *internal*).

1. Replikasi (ulangan)

Replikasi adalah pengulangan dari percobaan dasar, yang berguna untuk:

a. Memberikan suatu dugaan dari *error* percobaan atau *error* estimasi. *Error* ini digunakan sebagai unit dasar untuk mengukur beda nyata atau tidak dan juga untuk mengukur jarak interval kepercayaan (*confidence interval*).
b. Memberikan estimasi yang lebih tepat terhadap *error* percobaan. Dengan asumsi tertentu, *error* percobaan dapat juga dicari tanpa ulangan, tetapi estimasi *error* percobaan yang diperoleh dengan cara ini kurang tepat.
c. Memperoleh estimasi yang lebih baik terhadap pengaruh *mean* (rerata) dari tiap faktor.
d. Meningkatkan ketelitian suatu percobaan melalui pengurangan simpangan baku dari rerata perlakuan.

e. Memperluas cakupan penarikan kesimpulan dari suatu percobaan.
f. Mengendalikan ragam galat percobaan (*error variance of experiment*). Jumlah ulangan meningkat, maka dugaan rerata populasi melalui rerata perlakuan yang diamati menjadi lebih teliti.

$$S_x = \frac{\sigma^2}{k}$$

Keterangan:

σ^2 = *Error* percobaan, dan

k = Banyaknya replikasi.

Penyebab timbulnya *error* percobaan:

a. Kesalahan dari percobaan yang sedang dilakukan
b. Kesalahan pengamatan
c. Kesalahan pengukuran
d. Variasi dari bahan yang digunakan dalam percobaan
e. Pengaruh kombinasi faktor lain

Pemecahan atau pengendalian *error* percobaan:

a. Mengunakan bahan (*material*) percobaan yang lebih homogen
b. Mengadakan stratifikasi lebih hati-hati terhadap material percobaan
c. Melakukan percobaan dengan hati-hati
d. Mengunakan rancangan percobaan yang lebih sesuai

Faktor-faktor penentu jumlah replikasi:

a. Luas serta jenis unit percobaan
b. Bentuk unit percobaan
c. Variabilitas material percobaan (tingkat keragaman bahan perlakuan)
d. Tersedianya material percobaan (personal, peralatan).

Jumlah replikasi yang digunakan adalah sedemikian sehingga derajad bebas (DB) dalam analisis ragam tidak kurang dari 10-15. Rumus jumlah ulangan untuk setiap perlakuan yaitu:

$$k = \frac{2\ t^2\alpha/2\ S^2}{d^2}$$

Keterangan:

T = Nilai t tabel

α = Jenjang nyata yang digunakan

S^2 = Besarnya varians yang terjadi

d = Besarnya simpangan antara nilai dugaan terhadap nilai yang sesungguhnya dari populasi (parameter)

Fungsi galat percobaan:

a. Untuk menguji ada tidaknya pengaruh perlakuan atau untuk menguji apakah semua perlakuan berasal dari populasi yang sama atau paling sedikit satu yang bukan anggota populasi yang dispesifikasikan.
b. Untuk menunjukkan efisiensi dari satu jenis rancangan percobaan terhadap rancangan percobaan yang lain.
c. Sebagai pengukur keragaman dari suatu pengamatan yang lain.

2. Randomisasi (pengacakan)

Replikasi $\rightarrow$ *Error* percobaan $\rightarrow$ Uji beda nyata. Supaya uji beda nyata valid, maka diperlukan randomisasi yaitu pengamatan didistribusikan secara bebas, maka pengambilan sampel dilakukan secara random (bersifat objektif) atau perlakuan harus diberikan secara random.

Kegunaan:

a. Membuat uji beda nyata menjadi valid atau sahih, karena *error* bersifat bebas dapat dipenuhi
b. Mengurangi atau menghilangkan bias yang disebabkan oleh pilih kasih.

3. Kontrol internal (pengendalian lokal)

Kontrol internal yaitu pertimbangan pengelompokkan dan blocking dari unit-unit percobaan. Pengelompokan (*grouping*) adalah membagi unit-unit percobaan dalam kelompok homogen. Tiap unit percobaan dalam suatu kelompok harus memperoleh perlakuan yang sama.

Pengelompokan merupakan usaha untuk memperoleh lingkungan yang homogen. Dengan pengelompokan sehingga akan diperoleh unit-unit percobaan dalam kelompok. Pengelompokan dilakukan apabila lahan percobaan tidak homogen. Jadi dengan pengelompokan dapat menekan atau mengendalikan faktor lingkungan yang akibatnya tiap unit percobaan dalam satu kelompok harus memperoleh pengaruh lingkungan yang sama.

Blocking adalah membagi unit-unit percobaan dalam kelompok homogen, tetapi tiap kelompok dibagi lagi dalam beberapa kelompok lain. *Blocking* tidak lain adalah pengelompokan pertama dan diadakan jika unit-unit percobaan tidak homogen. Kegunaan: untuk mengurangi pengaruh *counfounded* atau pengaruh campuran.

Contoh:

Pemupukan jenis A dan B pada tanaman jagung pada dua lokasi yang berbeda, dan memberikan hasil yang berbeda. Perbedaan tersebut kemungkinan disebabkan oleh: perbedaan pupuk atau kesuburan tanah.

Jadi perbedaan pemupukan adalah *counfounded* atau tercampur dengan perbedaan lokasi, atau efek pupuk dan efek plat adalah *counfounded.*

1.5. Perlakuan dan Faktor

1.5.1. Perlakuan (*treatment*)

Suatu set khusus yang dikenakan atau yang dilakukan terhadap sebuah unit percobaan dalam batas-batas rancangan yang digunakan.

Contoh:

Perlakuan pupuk

Perlakuan umur bibit

Jika pada sebuah percobaan dikenakan lebih dari satu perlakuan pada objek disebut perlakuan kombinasi atau faktorial.

Contoh:

Perlakuan pupuk dan umur

Perlakuan tanah dan varietas

Banyaknya kombinasi perlakuan adalah sebanyak level perlakuan pertama dikalikan dengan level perlakuan kedua. Misalnya: faktor pertama terdiri dari 3 level dan kedua 4 level maka didapat 3 x 4 = 12 buah kombinasi perlakuan.

Sifat dari perlakuan ada dua yaitu:

a. Perlakuan bersifat kuantitatif artinya perlakuan itu merupakan taraf-taraf (*level*) dari suatu faktor itu dapat dinyatakan dalam nilai-nilai numerik yang sesuai pada setiap taraf itu.

   Contoh: Percobaan pemberian dosis pupuk urea, Percobaan jarak tanam, dal lain-lain.

b. Perlakuan bersifat kualitatif artinya perlakuan yang merupakan taraf-taraf faktor, dimana taraf-taraf itu tidak dapat dinyatakan dalam nilai numerik pada setiap taraf itu. Contoh: Percobaan perlakuan cara pengendalian gulma, warna cahaya, macam varietas, percobaan jenis mulsa, dan lain-lain.

1.5.2. Faktor dan faktorial

a. Faktor adalah perlakuan atau variabel bebas yang dikenakan pada suatu percobaan.

   Contoh:

   $$\left.\begin{array}{l}\text{Pemupukan}\\ \text{Jarak tanam}\\ \text{Macam mulsa}\end{array}\right\}\ \text{Variabel bebas atau faktor}$$

Percobaan yang hanya menggunakan satu faktor disebut percobaan faktor tunggal.

b. Faktorial adalah apabila suatu percobaan menggunakan lebih dari satu faktor yang saling dikombinasikan level-levelnya. Percobaan faktorial pada dasarnya merupakan rancangan perlakuan, karena di dalam percobaan faktorial ini merancang perlakuan. Perlakuan yang dimasukan di dalam percobaan faktorial adalah kombinasi dai level-level faktor pertama dan kedua. Jika suatu percobaan kombinasi dilakukan dengan 4 jenis pupuk dan 2 macam mulsa.

$P_1 \quad P_2 \quad P_3 \quad P_4$

$M_1 \quad M_2$

Maka harga atau nilai dari faktor dinamakan Level dari faktor, dimana pemupukan terdiri dari 4 level dan macam mulsa terdiri dari 2 level musim. Jumlah perlakuan adalah perkalian dari level faktor. Jadi jumlah perlakuan yaitu: 4 x 2 = 8 kombinasi perlakuan.

1.6. Kebaikan dan Kelemahan Rancangan Percobaan

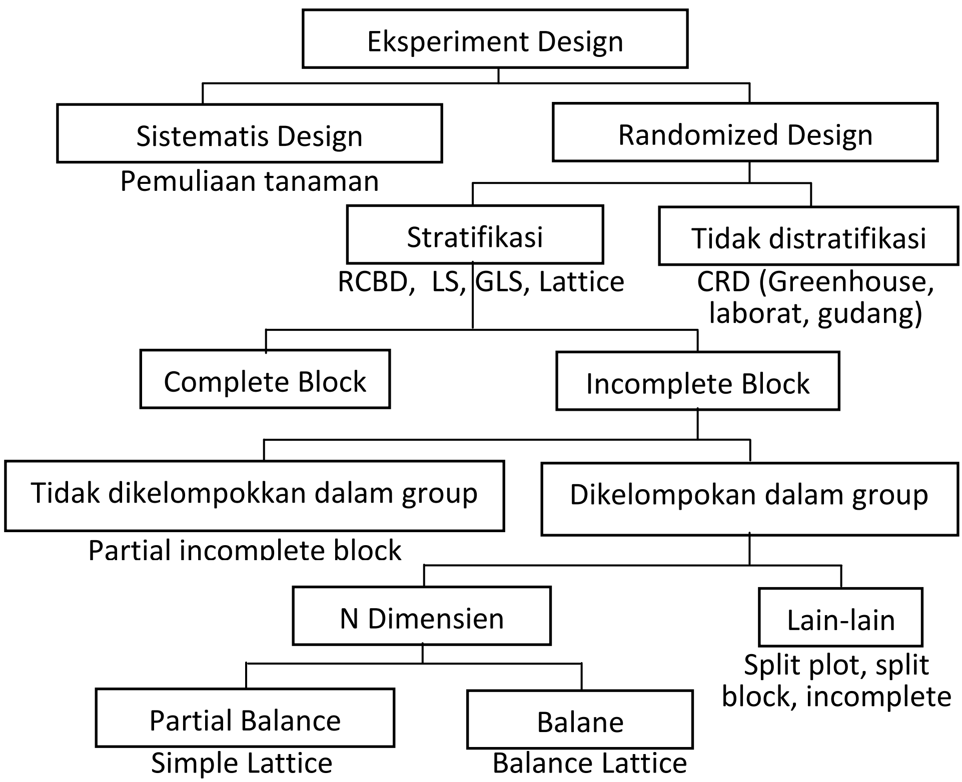
Kebaikan:

- Terjalin kerja sama antara ahli statistik dan peneliti dalam menganalisis dan memberikan interpretasi terhadap data.
- Peneliti dapat membuat *pre-planing* terlebih dahulu.
- Hubungan-hubungan tertentu dapat diperhatikan dalam mengukur dan mengenal sumber-sumber variasi.
- Jumlah uji yang digunakan dapat ditentukan lebih dahulu dengan tingkat kepercayaan yang tinggi.
- Dengan adanya pengelompokan (*grouping*), maka pengaruh yang dapat diukur secara lebih tepat.
- Kesimpulan yang diperoleh dapat diketahui secara pasti dengan kepastian matematika.

Kelemahan:

- Rancangan dan analisis percobaan selalu dinyatakan dalam 'bahasa' ahli-ahli statistik.
- Rancangan percobaan menghendaki biaya yang besar dan juga membutuhkan waktu yang lama.

1.7. Jenis-jenis Design yang Sering Digunakan



Racangan percobaan mencakup dua komponen, yaitu:

1. Rancangan lingkungan yaitu: CRD, RCBD, RBL, Lattice, dan lain-lain.
2. Rancangan perlakuan yaitu: *cross* (faktorial) ada interaksi perlakuan, *nested* (*hirarchical*) yaitu tidak ada interaksi antar perlakuan.

1.7.1. *Completely randomized design (CRD)* atau rancangan acak lengkap (RAL)

Penggunaan:

- Digunakan jika keadaan lingkungan dimana percobaan dilakukan atau media percobaan bersifat serba sama atau homogen atau dapat dikontrol kecuali perlakuan, juga cuaca dapat dikontrol. Jarang digunakan di lapangan, tetapi di laboratorium dan rumah kaca.
- Randomisasi dilakukan dengan menempatkan perlakuan secara acak lengkap terhadap unit percobaan artinya memperlakukan semua satuan percobaan sebagai satu kesatuan dimana perlakuan-perlakuan (baik yang sama ataupun tidak) ditempatkan kedalamnya secara acak.
- Juga digunakan jika jumlah perlakuan terbatas.

Keuntungan penggunaan RAL:

- Denah perancangan percobaan lebih mudah
- Analisis statistik sangat sederhana
- Fleksibel dalam penggunaan jumlah perlakuan dan jumlah ulangan.
- Kehilangan informasi relatif sedikit dalam hal data hilang dibandingkan yang lain.

Kerugian penggunaan RAL

- Penggunaan rancangan ini agak terbatas, umumnya digunakan untuk percobaan-percobaan laboratorium, rumah kaca atau percobaan terkendali lainnya.
- Pemakaian di lapangan agak terbatas, meskipun tidak menutup kemungkinan asal homogenitas lahan percoban dapat dipenuhi.

1.7.2. *Randomized competely block design (RCBD)* atau rancangan acak lengkap kelompok (RALK)

Penggunaan:

- Banyak digunakan dalam percobaan di lapangan.
- Arah kesuburan tanah hanya ke satu arah saja.
- Unit percobaan dibagi menjadi beberapa blok, jumlah blok sama dengan jumlah ulangan. Tiap blok dibagi menjadi plot-plot, dan jumlah plot tiap blok sama dengan jumlah perlakuan. Jadi tiap blok mengandung semua perlakuan yang diberikan.
- Adanya *blocking* maka akan terdapat "heterogenitas" antar blok, dan dalam satu blok akan diperoleh "homogenitas" yang relatif tinggi.
- Randomisasi perlakuan dilakukan pada masing-masing blok secara terpisah, karena tiap blok harus mengandung semua perlakuan serta kondisi dalam suatu blok harus relatif homogen.

Keuntungan pengunaan RALK:

- Analisis statistik dari data yang diperoleh dengan RCBD masih bersifat sederhana.
- Apabila andaian gradien satu arah dipenuhi yang satu dengan yang lain, RALK memberikan presisi dan efisiensi lebih tinggi dibanding RAL.
- Jika ada satu atau dua data yang hilang (secara statistik tidak memenuhi syarat) analisis masih dapat dilanjutkan yaitu dengan teknik data yang hilang.

Kerugian penggunaan RALK:

- Apabila andaian gradien satu arah tidak dipenuhi, maka presisi dan efisiensi justru lebih rendah dibandingkan dengan RAL, yang disebabkan karena berkurangnya derajad bebas untuk *error* percobaan.

1.7.3. *Latin square (LS)* atau rancangan bujur sangkar latin (RBL)

Penggunaan:

- *Blocking* dilakukan dalam dua arah yaitu arah menurut baris dan arah menurut lajur.
- Perlakuan diatur sedemikian rupa sehingga tiap perlakuan hanya muncul sekali dalam tiap kolom dan baris.
- Dapat diperoleh *error* kolom dan *error* baris.
- Jumlah perlakuan dan jumlah replikasi harus sama.

Keuntungan penggunaal RBL:

- Jika andaian heterogenitas ke dua arah terpenuhi, maka presisinya lebih tinggi dibandingkan RAL dan RALK. Keragaman *error* percobaan dapat dikendalikan dengan adanya pengelompokan ke arah tersebut sehingga peluang untuk dapat melacak adanya perbedaan di antara perlakuan (jika memang ada) makin meningkat.
- Interpretasi hasil penelitian masih cukup mudah
- Jika ada data yang hilang masih dapat diperhitungkan.

Kelemahan penggunaan RBL:

- Karena jumlah perlakuan harus sama dengan jumlah ulangan, maka jumlah perlakuan yang besar harus diulang sebanyak ulangan sehingga dianggap kurang praktis.
- Untuk jumlah perlakuan yang lebih kecil dari 4 perlakuan akan mengakibatkan jumlah derajad bebas galat percobaan manjadi sangat kecil, akibatnya galat (*error*) percobaan menjadi besar.
- Jika ternyata pengelompokan menurut baris dan lajur tidak efektif, maka presisinya lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan RAL dan RALK. Keragaman yang diserap oleh baris dan lajur kecil, derajad bebas *error* sisa juga kecil = (r-1)(r-2), sehingga kuadrat tengah *error* akan relatif tinggi.

1.7.4. *Graeco latin square (GLS)* atau rancangan bujur sangkar graeko

Penggunaan:
- Merupakan sambungan dari dua rancangan bujur sangkar (*latin square*) yang saling orthogonal, rancangan bujur sangkar yang satu terdiri dari huruf latin dan yang lain dari huruf Yunani (*Greek*).
- Dapat digunakan untuk mengendalikan keragaman (pengelompokan) dalam tiga arah; sedangkan bujur sangkar latin hanya dua arah saja.
- Huruf latin = A, B, C, ..., Z
- Huruf Yunani = α, β, ..., ω

1.7.5. Rancangan lattice (RL)

- Rancangan *block* yang tidak lengkap
- Digunakan jika jumlah perlakuan terlalu besar sehingga tidak efisien lagi bila digunakan *latin square*, RAL dan RALK.

Keuntungannya RL:
- Percobaan dengan perlakuan besar akan sukar mengontrol *error* yang terjadi, sehingga perancangan ini dapat mengatasi kesulitan tersebut.

Rancangan block yang tidak lengkap, yang sering dipakai :

a. *Balanced Lattice*
b. *Partially Balanced Lattice*

1.7.6. *Split plot design* atau rancangan petak terbagi (RPT)

Penggunaan:
- Untuk percobaan-percobaan yang berhadapan dengan masalah ukuran petak (*plot*) yang lebih besar dalam faktor yang satu dibandingkan faktor yang lain.
- Untuk memperbesar ketelitian pada faktor tertentu dibandingkan faktor yang lain. Faktor yang lebih penting ditempatkan pada *subplot*, sedangkan faktor yang kurang penting ditempatkan pada *mainplot*.

1.7.7. *Strip plot design* atau rancangan blok terbagi (RBT)

Penggunaan:

- Untuk percobaan-percobaan, dimana kedua faktor membutuhkan petak-petak yang relatif besar.
- Dikerjakan dengan jalan membagi kelompok-kelompok ke dalam bidang-bidang horizontal untuk menempatkan secara acak faktor pertama, kemudian membagi kelompok-kelompok tersebut ke dalam bidang-bidang vertikal untuk menempatkan faktor kedua secara acak.
- Lebih mementingkan studi interaksi antara dua faktor dibandingkan pengaruh masing-masing faktor.

Perbedaan *lay out* antara *split plot* dan *strip plot design* adalah:

- Pada *split plot*: pengacakan pertama dilakukan pada *mainplot*, kemudian dilakukan pengacakan *sub plot* pada masing-masing *main plot*.
- Sedangkan pada *strip plot*: pengacakan pertama pada faktor horizontal dan kedua pada faktor lain ke arah vertikal.

1.7.8. *Split-split plot design* atau rancangan petak-petak terbagi (RPPT)

- Merupakan perluasan dari *split plot design*, dimana pada *split plot design* hanya terdiri dari dua faktor, sedangkan pada *split-split plot design* terdiri atas tiga faktor.
- Faktor pertama sebagai *main-plot* (petak utama). Faktor kedua sebagai *sub plot* (anak petak). Ketiga sebagai *sub-sub plot* (anak-anak petak) merupakan faktor yang terpenting.

1.8. Percobaan Faktorial

Faktorial berhubungan dengan cara perlakuan dibentuk atau sekumpulan kombinasi antar perlakuan. Faktorial bukan sekedar rancangan melainkan sebuah percobaan; maka tidak ada *design* faktorial, yang ada adalah percobaan faktorial dengan bermacam-macam *design*. Jadi percobaan faktorial adalah suatu percobaan yang terdiri dari dua faktor atau lebih yang saling dikombinasikan antar level-level faktornya.

Keuntungan penggunaan percobaan faktorial:
- Dimungkinkan untuk mengetahui pengaruh interaksi antar faktor.
- Lebih efisien dalam menggunakan sumber-sumber informasi yang ada.
- Informasi yang diperoleh lebih komprehensif karena mempelajari berbagai interaksi yang ada.
- Hasil percobaan dapat diterapkan dalam suatu kondisi yang lebih luas karena mempelajari kombinasi dari berbagai faktor.

Kelemahan penggunaan percobaan faktorial:
- Analisis statistik lebih kompleks.
- Terdapat kesulitan dalam menyediakan satuan percobaan yang relatif homogen.
- Pengaruh kombinasi perlakuan tertentu tidak berarti apa-apa sehingga terjadi pemborosan sumber daya yang ada.

Pengertian Interaksi:
Kegagalan level-level sesuatu faktor untuk berperilaku yang sama pada level-level atau terhadap perubahan level-level faktor yang lain.

1.9. Beberapa Definisi pada Percobaan

1. *Error* percobaan (galat percobaan)
   Keragaman yang disebabkan oleh ketidakmampuan materi percobaan yang diperlakuan untuk berperilaku sama.

2. Galat baku atau standard kesalahan (*standard error*)
   Alat untuk mengukur besar kecilnya kesalahan terhadap nilai yang sebenarnya (μ). Semakin kecil kesalahan maka pengamatan (estimasi) akan mendekati yang sebenarnya.

Rumus *standard error*:

$$Sx = \sqrt{\frac{(Xi-\dot{X})^2}{(n-1)}}$$

Jadi *standard error* digunakan untuk mengukur simpangan atau deviasi masing-masing nilai individu dari suatu kelompok data terhadap reratanya.

3. Koefisien keragaman (*coeficient variation*)

    Nisbah (rasio) antara *standard error* atau simpangan baku (Sx) dengan nilai tengah atau rerata umum atau *grand mean* ($\dot{X}$) dan mempunyai kegunaan untuk memberikan gambaran tentang besarnya keragaman yang terdapat di dalam suatu populasi tertentu. Keragaman tersebut bukan disebabkan oleh pengaruh perlakuan melainkan pengaruh faktor lain yang tidak dapat dikendalikan. Koefisien keragaman (KK) dinyatakan dengan rumus:

$$\frac{Sx}{\dot{X}} \text{ x } 100\% \quad \text{atau} \quad \frac{\sqrt{KTG}}{\dot{X}} \text{ x } 100\%.$$

    Keterangan:

    KTG adalah kuadrat tengah galat dan $Sx = \sqrt{KTG}$.

4. *Experimental Unit*

    Suatu material yang diberi suatu aplikasi dari suatu perlakuan (stek tanaman, benih atau bibit, media, dan lain-lain).

5. *Treatment* (perlakuan)

    Suatu prosedur yang pengaruhnya akan diamati dan dibandingkan dengan pengaruh perlakuan-perlakuan lain (dosis pupuk, frekuensi penyiraman, kerapatan tanam, dan lain-lain).

6. Taraf nyata atau jenjang nyata 5%

    Besarnya resiko kesalahan yang terjadi pengamatan sebesar 5% atau derajad kesalahan sebesar 5%, yang berarti tingkat kepercayaan

(100% - 5%) = 95%. Kita hanya meyakini kebenaran data yang diamati sebesar 95%.

7. Koefisien orthogonal polinomial

   Digunakan untuk mengetahui respons terhadap perlakuan yang diberikan sampai dengan fungsi atau persamaan polinomial berderajad k = (p - 1), dimana: p = banyaknya perlakuan. Koefisien orthogonal polinomial yaitu koefisien yang merupakan kontras sesuai dengan derajad komponen perlakuan dan memungkinkan komponen tersebut orthogonal terhadap lainnya. Komponen perlakuan adalah tingkatan persamaan atau regresi yang mungkin terjadi.

8. Koefisien orthogonal kontras

   Digunakan untuk membandingkan antar suatu kelompok dengan kelompok lain, dimana masing-masing kelompok merupakan komponen yang bebas atau orthogonal sesamanya.

9. *Sampling Unit*

   Sampling unit merupakan sebagian kecil dari *experimental unit*, yang merupakan contoh acak (*random sample*) dari *experimental unit* dimana pengamatan-pengamatan akan dilakukan (beberapa tanaman dalam satu bidang tanah merupakan *experimental unit*).

10. *Experimental Error*

    Experimental Error yaitu ukuran variasi di antara pengamatan atau ulangan pada *experimental unit* dengan perlakuan serupa.

    Variasi ini ada 2 macam yaitu:

    a. *Inherent variability* ialah variasi yang ada pada *expeprimental material* dimana suatu perlakuan dicobakan (konstitusi gene yang berbeda-beda dari kelinci).
    b. Variasi yang disebabkan oleh kurangnya uniformitas pelaksanaan fisik percobaan. (Kadang yang berbeda-beda letak hingga berbeda sinar matahari yang diperoleh, suhu, kelembaban, dan lain-lain).

Experimental error ini dapat diperkecil dengan:

a. Penggunaan *experimental material* yang homogen.
b. Penyempurnaan teknik *experimental* dengan ulangan-ulangan atau blok-blok.

11. *Sampling Error*

Sampling Error yaitu ukuran variasi di antara *sampling unit* dalam suatu *experimental unit*. Biasanya *sampling error* ini lebih kecil dari *experimental error*.

12. *Relative efficiency*

Relative efficiency yaitu ukuran efisiensi dari suatu rancangan kalau dibandingkan dengan racangan lain. *Relative efficiency* adalah rasio dari *1/variance error* dari 2 rancangan.

Relative efficiency rancangan I terhadap ke II

(Rancangan I)

$$I = \frac{\frac{1}{S_{I}^{2}} \frac{n_1+1}{n_1+3}}{\frac{1}{S_{II}^{2}} \frac{n_2+1}{n_2+3}} = \frac{(n_1+1)\,(n_2+3)\,S_{II}^{2}}{(n_2+1)\,(n_1+3)\,S_{I}^{2}}$$

(Rancangan II)

Keterangan:

S^2_I dan S^2_{II} = *Variance error* kedua rancangan

n_1 dan n_2 = DB *error* masing-masing rancangan

Presisi dari suatu percobaan dipengaruhi oleh besarnya derajad bebas (DB) penduga *experimental error*, sedang DB ini dipengaruhi oleh banyaknya ulangan, perlakuan dan rancangan, maka perlu mendapat perhatian benar-benar untuk percobaan dengan DB *error* < 20, sebab perubahan presisinya sangat jelas.

t 5% DB (5) = 2,57 dan t 5% DB (10) = 2,2 (jelas perbedaanya)
t 5% DB (20) = 2,09 dan t 5% DB (60) = 2,0 (hampir tak berubah)

1.10. Bagaimana Cara Menguasai *Error*

Error (kesalahan) dapat dikuasai atau diperkecil dengan beberapa cara, yaitu:

a. Merancang percobaan (menentukan *design*) dengan baik, hingga variasi alami yang ada dalam 1 perangkat *experimental unit* dapat dikuasai sehingga tidak mempengaruhi perbedaan antara rerata perlakuan (membandingkan antara rancangan *Completely Randomized Design* (CRD) dan *Randomized Completely Block Design* (RCBD))
b. Menggunakan *concomitant observation* yaitu dengan memakai *analysis of covariance* (anacov). Misalnya dalam menguji daya produksi beberapa varietas baru yang persen daya kecambahnya tidak sama, maka disamping pengamatan produksi tiap *experimental unit*, juga perlu diamati banyaknya tanaman per *experimental unit*.
c. Mengatur ukuran dan bentuk *experimental unit*. Biasanya percobaan-percobaan dengan *experimental unit* yang besar kurang menunjukkan variasi (keragaman) dari pada *experimental unit* yang kecil. Tetapi karena biasanya material percobaan terbatas, memperbesar *experimental unit* akan mengurangi ulangan. Biasanya ulangan yang cukup mudah dilaksanakan dengan *experimental unit* yang lebih kecil dari *experimental unit* yang besar. Untuk percobaan lapangan agar diperoleh presisi yang tinggi sebaiknya petak-petak *experimental unit* perlu dibuat sempit memanjang dan bentuk bloknya dibuat sepersegi mungkin.

Untuk suatu kondisi dengan variabilitas tertentu di antara *experimental unit* cara tersebut akan lebih memaksimalkan variasi antar blok dan meminimalkan variasi antar petak di dalam satu blok.

Besarnya variasi antar blok menunjukkan bahwa penggunaan blok bermanfaat, karena keragaman antar blok tidak mempengaruhi perbedaan antar rerata perlakuan. Bila blok dibuat bujur sangkar, perbedaan antar blok cenderung lebih besar. Di lapangan yang jelas ada contour kesuburan, presisi percobaan yang tinggi akan diperoleh bila arah memanjang petak tegak lurus *contour* atau sejajar dengan arah gradien kesuburan.

Diusahakan *experimental unit* itu seseragam mungkin. Uraian ini akan diberikan lebih luas pada teknik menguasai lapangan.

1.11. Penentuan Taraf (Level) dari Suatu Faktor

Pada percobaan-percobaan tertentu (terutama percobaaan faktorial) perlakuan (taraf dari suatu faktor) berpengaruh besar terhadap presisi. Misalnya seorang peneliti ingin mengukur pengaruh taraf pemupukan yang meningkat terhadap respon tanaman. Dalam hal ini perlu dimasukkan beberapa taraf atau level (minimal tiga level) untuk menentukan responnya bersifat linier. Dalam hal ini banyaknya taraf (*level*) dan jarak antar *level* sangat penting agar dapat menjawab pertanyaan tersebut.

1.12. Pelaksanaan Percobaan yang Terbaik

Agar bisa diperoleh data yang baik, pelaksanaan percobaan harus sebaik-baiknya, sebab analisis data dan statistik tidak dapat memperbaiki data yang diperoleh dari percobaan yang dilaksanakan secara sembarangan atau ceroboh.

Variasi yang timbul dari pelaksanaan percobaan yang jelek tidak merupakan *random variation*. Variasi ini lazimnya disebut *inaccuracy* (tidak cermat), yang berbeda dengan *lack of precision* (kurang tepat) yang dikarenakan oleh *design*, ulangan, dan lainnya.

Untuk mengatasi *inaccuracy* ini ialah dengan melaksanakan percobaan dengan cermat (misalnya dalam penyebaran pupuk dilakukan secara rata dalam satu petak perlakuan, homogenitas lahan perlu diusahakan setidak-tidaknya dalam satu blok).

BAB 2
UJI PERBEDAAN ANTARA DUA RERATA PERLAKUAN

2.1. Uji Hipotesis

Untuk membandingkan antara dua rata-rata sampel berbeda nyata atau tidak, maka perlu dibuat hipotesis. Hipotesis nol (H_0) menyatakan bahwa kedua rata-rata populasi dari kedua contoh atau sampel yang diambil mempunyai rata-rata yang sama ($m_{x1} = m_{x2}$).

Untuk menguji H_0 ini perlu dihitung besarnya kemungkinan untuk diperoleh perbedaan rata-rata dua sampel yang diambil dari dua populasi yang rata-rata sama sebesar perbedaan dua rata-rata sampel tersebut atau lebih. Dan besarnya kemungkinan ini dibandingkan dengan *significance level* (taraf nyata) yang diminta.

Rumus t hitung untuk menguji hipotesis, yaitu:

$$\text{T hitung} = \frac{\dot{X}_1 - \dot{X}_2 - m_{x1-x2}}{S_{x1-x2}}$$

Keterangan:

$m_{x1-x2} = 0$, maka: $H_0 = m_{x1} = m_{x2}$

Apabila:

t hitung > t 0,05, artinya ada beda nyata (*)

t hitung > t 0,01, artinya ada beda sangat nyata (**)

t hitung < t $\propto$% , artinya tak ada beda nyata (*non significant* = ns)

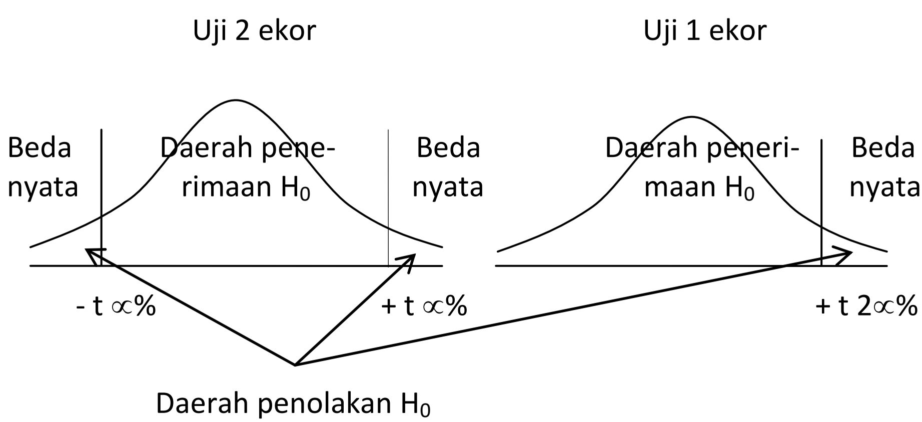
Umumnya dipakai taraf nyata ($\propto$) 5% dan 1%.

Untuk percobaan-percobaan yang kecil sehinggga DB-nya juga rendah, kalau dipakai kedua taraf nyata di atas mungkin kesimpulannya H_0 tidak pernah ditolak karena begitu besarnya angka tabel, kecuali kalau memang perbedaan rata-rata antara dua sampel cukup besar. Oleh karena itu dapat dipakai taraf nyata lebih besar (10%).

Pada pengujian hipotesis nol (H_0), bahwa dua rata-rata populasi sama versus (vs) hipotesis alternatif (H_a), maka H_a: $m_{x1} \neq m_{x2}$, maka hal ini harus dilihat X_1-X_2 dan X_2-X_1, oleh karena itu daerah penolakan H_0 termasuk semua nilai t hitung yang > dari $t \propto\%$ di kedua ujung kurva. Hal ini disebut 2 *sided test* (uji 2 ekor).

Apabila H_a: $m_{x1} > m_{x2}$, maka daerah pencabutan H_0 termasuk semua nilai positif $2 \propto\%$. Hal ini disebut 1 *sided test* (uji 1 ekor).

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut:



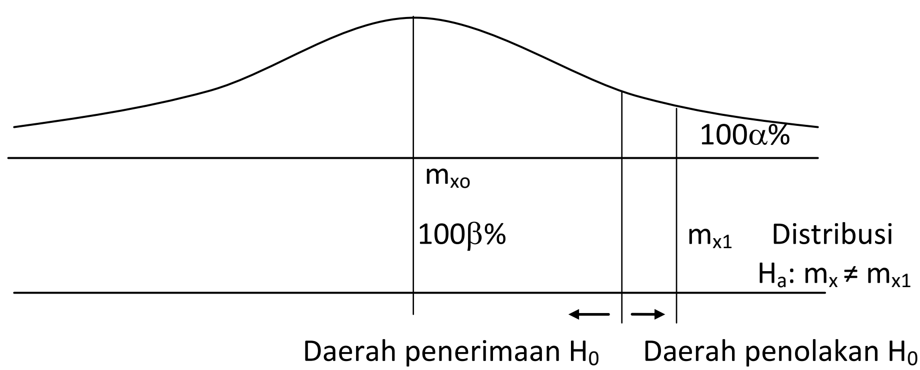
Gambar 2.1. Daerah Penerimaan dan Penolakan Ho

Dengan tidak memandang hipotesis mana yang diterima (H_0 atau H_a) kesimpulan yang ditarik ini bisa saja salah. Kesalahan penarikan kesimpulan statistik ini ada dua macam yaitu:

1. Kesalahan tipe I
   Ialah kesalahan yang terjadi bila H_0 yang sebetulnya benar, ditolak. Kemungkinan terjadinya kesalahan sebesar $\propto$.
2. Kesalahan tipe II
   Ialah kesalahan yang terjadi bila H_0 yang sebetulnya salah, diterima. Kemungkinan terjadinya kesalahan sebesar β.

Misalnya: H_0: $m_x = m_{xo}$
H_a: $m_x \neq m_{x1}$

Uji dengan uji 1 ekor.



Gambar 2.2. Distribusi H_0: $m_x = m_{xo}$

Gambar 2.2 di atas terlihat kemungkinan melakukan kesalahan tipe I adalah α, bila jenjang nyata yang sudah ditentukan sebelumnya adalah α. Sedang kemungkinan melakukan kesalahan tipe II adalah β, yang dapat ditentukan dengan menetapkan α terlebih dahulu dan jarak antara m_{xo} dan m_{x1}.

Oleh karena itu dalam menentukan mana yang lebih besar (α atau β) perlu dilihat mana yang lebih merugikan, melakukan tipe I atau tipe II. Misalnya melakukan kesalahan tipe I lebih berat dari tipe II, maka α digeser ke kanan (diperkecil) dengan konsekuensi memperbesar kemungkinan terjadinya salah tipe II, yang tidak begitu merugikan.

Penarikan kesimpulan terhadap suatu populasi dan akibatnya dalam hubungannya dengan salah tipe I dan II dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1. Penarikan Kesimpulan

Kemung kinan	Data dari Populasi yang		Kesimpulan terhadap		Akibat	Kemung-kinan
	Ho-nya	Hi-nya	Ho	Ha		
1	Betul	Salah	Diterima	Ditolak	Betul	Benar
2	Betul	Salah	Dicabut	Diterima	Salah tipe I	Kecil
3	Salah	Betul	Diterima	Ditolak	Salah tipe II	Kecil
4	Salah	Betul	Dicabut	Diterima	Betul	Besar

α dan β ditentukan sebelumnya. Tetapi dalam prakteknya hanya α yang ditentukan, β jarang ditentukan. Hanya makin besar sampelnya α dan β turun.

Dalam membandingkan 2 rata-rata sampel atau perlakuan, perlu diketahui lebih dahulu sifat dari kedua sampel tersebut setiap anggotanya berpasangan atau tidak, variansnya homogen atau tidak. Dalam hal ini ada 3 macam keadaan yang mungkin terjadi, sebagai berikut:

2.2. Membandingkan 2 Rerata Sampel yang Tidak Berpasangan, Varians Identik

Jika 2 populasi dari 2 sampel tersebut diambil mempunyai varians identik, maka populasinya dapat digabung menjadi populasi gabungan dengan varians baru yang disebut varians gabungan (S_p^2).

Varians gabungan (S_p^2) ini merupakan rata-rata dari varians kedua populasi asal dan dapat diduga dengan rumus berikut:

$$\text{T hitung} = \frac{(n-1)\,S_{x1}^2 + (n-1)\,S_{x2}^2}{(n_{x1}-1) + (n_{x2}-1)}$$

$$= \frac{\Sigma(X_{1i} - \dot{X}_1)^2 + (X_{2i} - \dot{X}_2)^2}{(n_{x1}-1) + (n_{x2}-1)}$$

Di mana S_{x1}^2 dan S_{x2}^2 adalah *estimate* dari varians populasi x dan y dan n_1 dan n_2 ialah besarnya sampel yang diambil dari populasi x dan y. Selanjutnya:

$$\text{t hitung} = \frac{|X_1 - X_2|}{S_{x1-x2}}$$

Keterangan:

$$S_{x1-x2} = \sqrt{S_{x1}^2 + S_{x2}^2}$$

$$S_{x1}^2 = \frac{S_p^2}{(n_{x1}-1)} \quad \text{dan} \quad S_{x2}^2 = \frac{S_p^2}{(n_{x2}-1)}$$

Kemudian t hitung dibandingkan dengan t tabel α% ; DB ($n_{x1} + n_{x2} - 2$).

Jika t hitung > t α%, artinya ada beda nyata

Jika t hitung < t α%, artinya tak ada beda nyata.

2.3. Membandingkan 2 Rerata Sampel yang Tidak Berpasangan, Variansnya Tidak Identik

Oleh karena varians populasi dari 2 sampel yang diambil tidak identik, maka kedua varians populasi tersebut tidak dapat digabung.

$$\text{T hitung} = \frac{\left| \dot{X}_1 - \dot{X}_2 \right|}{\sqrt{\dfrac{S_{x1}^2}{n_{x1}} + \dfrac{S_{x2}^2}{n_{x2}}}}$$

Keterangan:

$$S_{x1}^2 = \frac{\Sigma(X_{1i} - \dot{X}_1)^2}{n_{x1} - 1}$$

$$S_{x2}^2 = \frac{\Sigma(X_{2i} - \dot{X}_2)^2}{n_{x2} - 1}$$

Jika: t hitung > t_1 α% DB (n_{x1} - 1) atau t_2 α% DB (n_{x2} - 1) ....($t_1 \neq t_2$) (mana yang lebih besar?). Hasilnya signifikan (nyata), artinya ada beda nyata antara rata-rata sampel.

Jika: t hitung < t_1 α% DB (n_{x1} - 1) atau t_2 α% DB (n_{x2} - 1) (mana yang lebih kecil?). Hasilnya non signifikan, artinya tidak ada beda nyata antara rata-rata sampel.

Jika: t hitung terletak antara t_1 α% DB (n_{x1} - 1) dan t_2 α% DB (n_{x2} - 1), perlu dihitung t tabel rata-rata, yang besarnya sebagai berikut:

$$\text{t tabel rata-rata} = \frac{S_{x1}^2\, t_1 + S_{x2}^2\, t_2}{S_{x1}^2 + S_{x2}^2}$$

Jika: t hitung > t tabel rata-rata, artinya ada beda nyata
t hitung < t tabel rata-rata, artinya tak ada beda nyata

2.4. Membandingkan 2 Rerata Sampel yang Anggota-anggotanya Berpasangan

Dua sampel anggotanya dianggap berpasangan apabila pengamatan dari tiap anggota pasangan menunjukkan adanya korelasi (hubungan) positif. Jadi di sini ada saling ketergantungan dari setiap pasang anggotanya.

$$S_{x1-x2} \neq \sqrt{S_{x1}^2 + S_{x2}^2}$$

Tetapi:

$$S_{x1-x2} = \sqrt{S_{x1}^2 + S_{x2}^2 + 2r\,S_{x1-x2}}$$

Dalam hal ini akan menyulitkan cara perhitungannya. Oleh karena itu dicari cara lain, dengan mencari selisih dari setiap pasangan anggota sampel. Sebagai gambaran dapat dilihat contoh berikut:

Tabel 2.2. Struktur Data Sampel Anggotanya Berpasangan

Ulangan (No.)	Sampel 1 (X_1)	Sampel 2 (X_2)	Selisih (D_i)
1	X_{11}	X_{21}	$D_1 = X_{11}-X_{21}$
2	X_{12}	X_{22}	$D_2 = X_{12}-X_{22}$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
N	X_{1n}	X_{2n}	$D_n = X_{1n}-X_{2n}$
Jumlah	ΣX_1	ΣX_2	ΣD
Rerata	$\dot{X}_1$	$\dot{X}_2$	$\dot{D}$

Rumus:

$$\text{T hitung} = \frac{\dot{D}}{\dot{S}d}$$

Keterangan:

$$\dot{D} = \frac{\Sigma Di}{n}, \ Sd = \sqrt{\frac{\Sigma(D_i - \dot{D})^2}{n_1 - 1}}, \text{ dan } \dot{S}d = \frac{S_d}{\sqrt{n}}$$

2. 5. Teladan

2.5.1. Teladan 1: Kedua Sampel Tidak Berpasangan, Varians Identik, Ulangan Tidak Sama

Untuk menilai "Pengaruh kedalaman olah tanah terhadap jumlah anakan tanaman padi". Adapun perlakuan kedalaman olahnya yaitu kedalaman 5 cm dan 10 cm. Masing-masing kedalaman olah tanah diambil sampel 6 dan 7 rumpun.

Ujilah dengan $\propto$ = 5%, apakah ada perbedaan rerata jumlah anakan tanaman padi antara kedua perlakuan kedalaman olah tersebut. Dimisalkan kedalaman olah sedalam 5 cm (X_1) dan 10 cm (X_2).

Tabel 2.3. Pengaruh Kedalaman Olah terhadap Jumlah Anakan.

Ulangan (No)	5 cm (X_1)	10 cm (X_2)	(X_1-$\bar{X}_1$)	(X_1-$\bar{X}_1$)^2	(X_2-$\bar{X}_2$)	(X_2-$\bar{X}_2$)^2
1.	24	27	0	0	0	0
2.	26	29	2	4	2	4
3.	25	26	1	1	-1	1
4.	22	29	-2	4	2	4
5.	23	26	-1	1	-1	1
6.	24	23	0	0	-4	16
7.	-	29			2	4
Jumlah	144	189	0	10	0	30
Rerata	24	27				

Adapun cara penyelesaian perhitungannya dilakukan dengan langkah sebagai berikut.

1. Menghitung standard deviasi dan varians masing-masing sampel
   Standard deviasi sampel 1 (S_{x1}):

$$S_{x1} = \sqrt{\frac{\Sigma(X_{1i}-\dot{X}_1)^2}{n_{x1}-1}} = \sqrt{\frac{10}{6-1}} = 1{,}4142$$

   Varians sampel 1 (S_{x1}^2)= $(1{,}4142)^2$ = 2

   Standard deviasi sampel 2 (S_{x2}):

$$S_{x2} = \sqrt{\frac{\Sigma(X_{2i}-\dot{X}_2)^2}{n_{x2}-1}} = \sqrt{\frac{30}{7-1}} = 2{,}2361$$

   Varians sampel 2 (S_{x2}^2) = $(2{,}2361)^2$ = 5

1. Uji varians identik atau tidak, maka perlu dihitung dengan rumus F hitung:

$$\text{F hitung (1)} = \frac{S_{x1}^2}{S_{x2}^2} = \frac{2}{5} = 0{,}4$$

   atau:

$$\text{F hitung (2)} = \frac{S_{x2}^2}{S_{x1}^2} = \frac{5}{2} = 2{,}5$$

   F tabel (1) 5% (5 ; 6) = 4,39 dan F tabel (2) 5% (6 ; 5) = 4,59

   Jadi F hitung (2) < F tabel (2), maka dapat dikatakan kedua sampel variansnya identik.

   Nb : (F hitung diambil yang nilainya lebih tinggi)

3. Uji statistik t (Uji t)

Karena variansnya identik, maka digunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{T hitung} = \frac{|\dot{X}_1 - \dot{X}_2|}{\sqrt{\frac{(n_{x1}-1)\,S_{x1}^2 + (n_{x2}-1)\,S_{x2}^2}{n_{x1}+n_{x2}-2}\left[\frac{1}{n_{x1}} + \frac{1}{n_{x2}}\right]}}$$

$$= \frac{|24 - 27|}{\sqrt{\frac{(6-1)\,2 + (7-1)\,5}{(6+7-2)}\left[\frac{1}{6} + \frac{1}{7}\right]}}$$

$$= \frac{3}{\sqrt{1{,}907 \text{ x } 0{,}5563}}$$

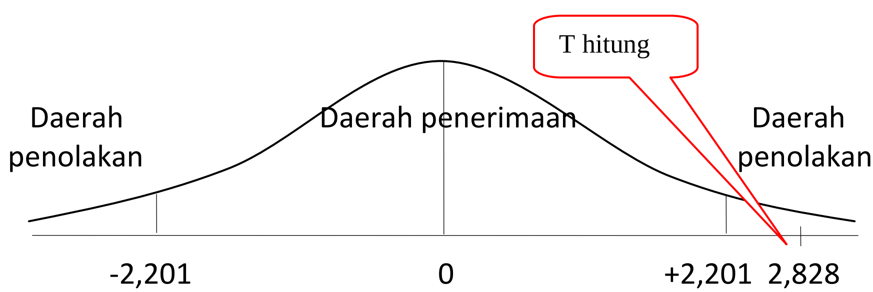
$$= 2{,}828$$

T tabel 5% DB (6 + 7 - 2) = 2,201

Kesimpulan:

Karena t hitung (2,828) > t tabel 5% (2,201), berarti ada beda nyata antara rerata jumlah anakan tanaman padi pada kedua perlakuan.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat distribusi normal berikut.



2.5.2. Teladan 2: Kedua Sampel Tidak Berpasangan, Varians Identik, Ulangan Sama

Contoh 1. Untuk melihat "Pengaruh frekuensi pendangiran tanah terhadap jumlah buah tomat", maka diperlakukan frekuensi pendangiran tanah 3 kali sebagai (X_1) dan 2 kali sebagai (X_2). Pada masing-masing frekuensi pendangiran tanah diambil sampel 8 tanaman.

Ujilah dengan $\propto$ = 5%, apakah ada perbedaan rerata jumlah buah tomat dari kedua perlakuan tersebut.

Tabel 2.4. Pengaruh Frekuensi Olah Tanah terhadap Jumlah Buah

Ulangan (No.)	3 kali (X_1)	2 kali (X_2)	$(X_1-\bar{X}_2)$	$(X_1-\bar{X}_1)^2$	$(X_2-\bar{X}_2)$	$(X_2-\bar{X}_2)^2$
1.	15	20	0	0	0	0
2.	14	25	-1	1	5	25
3.	18	18	3	9	-2	4
4.	16	14	1	1	-6	36
5.	15	20	0	0	0	0
6.	19	23	4	16	3	9
7.	13	19	-2	4	-1	1
8.	10	21	-5	25	1	1
Jumlah	120	160		56	0	76
Rerata	15	20				

Adapun cara penyelesaiannya dengan langkah sebagai berikut.

1. Hitung standard deviasi dan varians masing-masing sampel
   Standard deviasi sampel 1 (S_{x1}) :

$$S_{x1} = \sqrt{\frac{\Sigma(X_{1i}-\dot{X}_1)^2}{n_{x1}-1}} = \sqrt{\frac{56}{1-1}} = 2{,}8284$$

Varians sampel 1 (S_{x1}^2)= (2,8284)² = 8

Standard deviasi sampel 2 (S_{x2}):

$$S_{x2} = \sqrt{\frac{\Sigma(X_{2i}-\dot{X}_2)^2}{n_{x2}-1}} = \sqrt{\frac{76}{8-1}} = 3{,}2950$$

Varians sampel 2 (S_{x2}^2) = (3,2950)² = 10,8571

2. Uji varians identik atau tidak, maka dihitung dengan rumus F hitung

$$\text{F hitung (1)} = \frac{S_{x1}^2}{S_{x2}^2} = \frac{8}{10{,}8571} = 0{,}7368$$

atau:

$$\text{F hitung (2)} = \frac{S_{x2}^2}{S_{x1}^2} = \frac{10{,}8571}{8} = 1{,}3571$$

F tabel-1 5% (7 ; 7) = 3,79, F tabel-2 5% (7 ; 7) = 3,79

Jadi F hitung (2) < F tabel (2), maka kedua sampel variansnya identik

Nb: (F hitung diambil yang nilainya lebih tinggi)

3. Uji statistik t (Uji t)
Karena variansnya identik, maka digunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{T hitung} = \frac{|\dot{X}_1 - \dot{X}_2|}{\sqrt{\frac{(n_{x1}-1)\,S_{x1}^2 + (n_{x2}-1)\,S_{x2}^2}{n_{x1}+n_{x2}-2}\left[\frac{1}{n_{x1}} + \frac{1}{n_{x2}}\right]}}$$

$$= \frac{|15 - 20|}{\sqrt{\frac{(8-1)\,8\ +(8-1)\ 10{,}8571}{(8+8-2)}\ [\frac{1}{8}\ +\frac{1}{8}]}}$$

$$= \frac{5}{\sqrt{3{,}071 \text{ x } 0{,}5}}$$

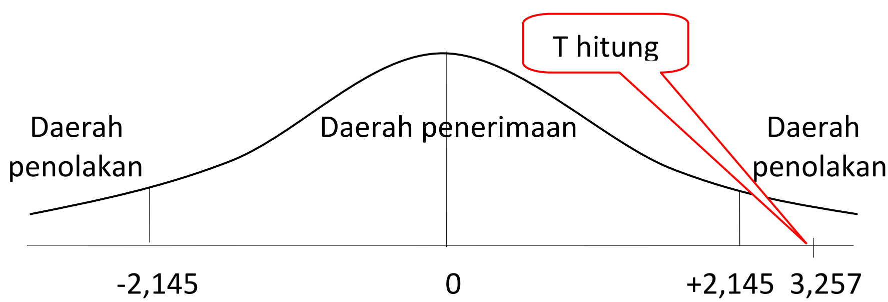
= 3,257

T tabel 5% DB (8 + 8 - 2) = 2,145

Kesimpulan:

Karena t hitung > t tabel (2,145), maka ada beda nyata antara rerata jumlah buah tanaman tomat pada kedua perlakuan.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Contoh 2. Suatu penelitian terhadap kekuatan benang rosela. Dua contoh benang rosela yang masing-masing terdiri dari 10 bal benang, diuji kekuatan tegangan contoh benang 1 adalah 130 lbs per inci persegi

dengan standard deviasi 6 lbs. Sedang contoh 2 rata-ratanya 140 lbs perinci persegi dengan standard deviasi 3 lbs.

Ujilah apakah ada beda nyata antara kekuatan tegangan kedua tipe benang tersebut dengan jenjang nyata 5%.

Langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Perhitungan *standart error* dan varians

   Jumlah sampel (n_{X1}) = 10, jumlah sampel (n_{X2}) = 10

   rata-rata (X_1) = 130 lbs, rata-rata (X_2) = 140 lbs,

   stadard deviasi (S_{X1}) = 6 lbs Standard deviasi (S_{X2}) = 3 lbs

   Standard deviasi sampel 1 (S_{x1}):

   $$S_{x1} = \sqrt{\frac{n_{x1}}{n_{x1}-1}} \times S_{x1} = \sqrt{\frac{10}{10-1}} \times 6 = 6{,}32$$

   Varians sampel 1 (S_{x1}^2) = $(6{,}32)^2$ = 40

   Standard deviasi sampel 2 (S_{x2}):

   $$S_{x2} = \sqrt{\frac{n_{x2}}{n_{x2}-1}} \times S_{x2} = \sqrt{\frac{10}{10-1}} \times 3 = 3{,}16$$

   Varians sampel 1 (S_{x2}^2) = $(3{,}16)^2$ = 9,99

2. Uji varians identik atau tidak, maka dihitung dengan rumus F hitung:

   $$\text{F hitung (1)} = \frac{S_{x1}^2}{S_{x2}^2} = \frac{40}{9{,}99} = 4{,}004$$

   Atau:

   $$\text{F hitung (2)} = \frac{S_{x2}^2}{S_{x1}^2} = \frac{9{,}99}{40} = 0{,}250$$

F tabel 5% (9 ; 9) = 4,03

Jadi F hitung (1) < F tabel (1), maka dapat dikatakan kedua sampel variansnya identik.

NB: (F hitung diambil yang nilainya lebih tinggi)

4. Uji statistik t (Uji t)

   Karena variansnya identik, maka digunakan rumus sebagai berikut.

   Varians gabungan:

$$S_p^2 = \frac{(n_{x1}-1)\, S_{x1}^2 + (n_{x2}-1)\, S_{x2}^2}{(n_{x1}-1) + (n_{x2}-1)}$$

\

$$= \frac{(9 \text{ x } 40) + (9 \text{ x } 9{,}99)}{(10-1) + 10-1)}$$

$$= 24{,}995$$

$$\text{T hitung} = \frac{|\dot{X}_1 - \dot{X}_2|}{\sqrt{\frac{S_p^2}{n_{x1}} + \frac{S_p^2}{n_{x2}}}}$$

$$= \frac{|130 - 140|}{\sqrt{\frac{24{,}995}{10} + \frac{24{,}995}{10}}}$$

$$= \frac{10}{2{,}24}$$

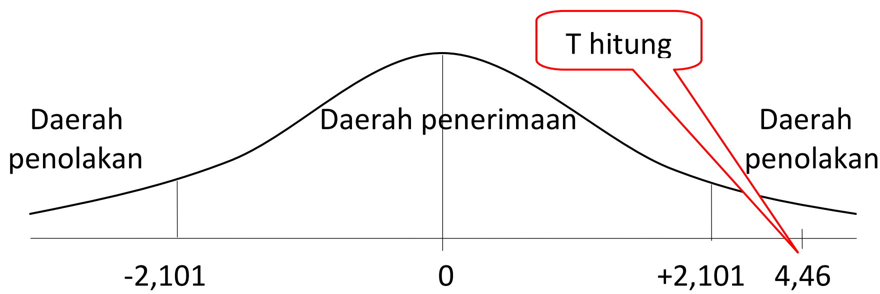
$$= 4{,}46$$

T tabel 5% DB (10 + 10 - 2) = 2,101

Kesimpulan:

Karena t hitung (4,46) < t tabel (2,101), berarti ada beda nyata antara rerata kekuatan tegangan antara benang X_1 dan X_2.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar berikut.



2.5.3. Teladan 3: Kedua Sampel Tidak Berpasangan, Varians Tidak Identik Ulangan Tidak Sama

Suatu survei yang dilakukan oleh tim peneliti untuk mengetahui "Pengaruh margin pemasaran terhadap produk pertanian (kedelai)", dengan mempelajari margin pemasaran pendek dan panjang. Untuk itu, margin pemasaran pendek diambil 5 sampel, sedangkan margin pemasaran panjang diambil 4 sampel. Ujilah dengan $\propto$ = 5%, apakah ada perbedaan rerata margin pemasaraan pendek dan panjang. Dimisalkan margin pemasaran pendek = X_1 dan margin pemasaran panjang = X_2.

Tabel 2.5. Pengaruh Margin Pemasaran terhadap Produk Pertanian (Rp)

Ulangan (Sampel)	Pendek (X_1)	Panjang (X_2)	$(X_1-\bar{X}_1)$	$(X_1-\bar{X}_1)^2$	$(X_2-\bar{X}_2)$	$(X_2-\bar{X}_2)^2$
1.	16,45	10,10	0,98	0,95	2,92	8,54
2.	15,21	6,00	-0,26	0,07	-1,18	1,39
3.	16,25	4,36	0,78	0,60	-2,82	7,94
4.	14,23	8,25	-1,24	1,55	1,07	1,15
5.	15,23		-0,24	0,06		
Jumlah	77,37	28,71	0	3,20	0	19,00
Rerata	15,47	7,18				

Adapun cara penyelesaiannya dengan langkah sebagai berikut.

1. Hitung standar deviasi dan varians masing-masing sampel

Standard deviasi sampel 1 (S_{x1}):

$$S_{x1} = \sqrt{\frac{\Sigma(X_{1i}-\dot{X}_1)^2}{n_{x1}-1}} = \sqrt{\frac{3,2}{5-1}} = 0,90$$

Varians sampel 1 (S^2_{x1})= $(0,9)^2$ = 0,81

Standard deviasi sampel 2 (S_{x2}):

$$S_{x2} = \sqrt{\frac{\Sigma(X_{2i}-\dot{X}_2)^2}{n_{x2}-1}} = \sqrt{\frac{19}{5-1}} = 2,50$$

Varians sampel 2 (S^2_{x2}) = $(2,5)^2$ = 6,34

2. Uji varians identik atau tidak, maka perlu dihitung dengan rumus F hitung:

F hitung (1) = $\frac{S_{x1}^2}{S_{x2}^2}$ = $\frac{0{,}81}{6{,}34}$ = 0,127

Atau:

F hitung (2) = $\frac{S_{x2}^2}{S_{x1}^2}$ = $\frac{6{,}34}{0{,}81}$ = 7,846

F tabel-1 5% (4 ; 3) = 9,12, F tabel-2 5% (3 ; 4) = 6,59

Jadi F hitung (1) < F tabel (1) dan F hitung (2) > F tabel (2) maka dapat dikatakan kedua sampel variansnya tidak identik.

NB: (F hitung diambil yang nilainya lebih tinggi)

1. Uji statistik t (Uji t)

Karena variansnya tidak identik, maka digunakan rumus t hitung berikut.

$$\text{T hitung} = \frac{\left|\dot{X}_1 - \dot{X}_2\right|}{\sqrt{\frac{S_{x1}^2}{n_{x1}} + \frac{S_{x2}^2}{n_{x2}}}}$$

$$= \frac{\left|15{,}47 - 7{,}18\right|}{\sqrt{\frac{0{,}81}{5} + \frac{6{,}34}{4}}}$$

$$= \frac{8{,}297}{1{,}987}$$

$$= 4{,}176$$

Karena populasi tetap dua, maka ada 2 t tabel.
T $tabel_1$ 5% DB (5 - 1) = 2,776
T $tabel_2$ 5% DB (4 - 1) = 3,182

$$\text{t tabel rata-rata} = \frac{S_{x1}^2 \text{ t tabel}_1 + S_{x2}^2 \text{ t tabel}_2}{S_{x1}^2 + S_{x2}^2}$$

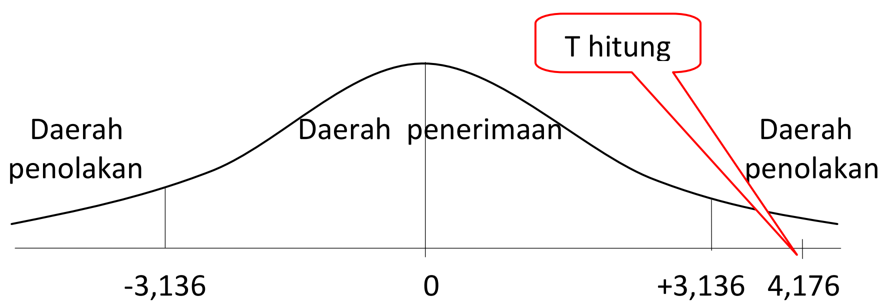
$$= \frac{(0{,}81 \text{ x } 2{,}776) + (6{,}34 \text{ x } 3{,}182)}{0{,}81 + 6{,}34}$$

$$= 3{,}136$$

Kesimpulan:

Karena t hitung (4,176) > t tabel rerata (3,136), berarti ada beda nyata antara rerata jumlah anakan tanaman padi pada kedua perlakuan.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar berikut.



1.5.4. Teladan 4: Kedua Sampel Tidak Berpasangan Varians Tidak Identik, Ulangan Sama

Untuk melihat "Perbedaan pengaruh zat pengatur tumbuh IBA dan IAA terhadap jumlah biji yang berkecambah", maka dilakukan penelitian dengan menggunakan konsentrasi yang sama yaitu 1000 ppm. Pada masing-masing sampel dikecambahkan 30 biji, dan diulang 5 kali sehingga dibutuhkan biji sebanyak 30 x 5 = 150 biji.

Ujilah dengan $\propto$ = 5%, apakah ada perbedaan rerata jumlah biji yang berkecambah dari kedua perlakuan tersebut.

Tabel 2.6. Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh IAA dan IBA terhadap Jumlah Biji yang Berkecambah.

Ulangan (No.)	IAA (X_1)	IBA (X_2)	$(X_1-\bar{X}_2)$	$(X_1-\bar{X}_1)^2$	$(X_2-\bar{X}_2)$	$(X_2-\bar{X}_2)^2$
1.	23	10	13	169	-1	1
2.	14	14	4	16	3	9
3.	7	13	-3	9	2	4
4.	4	11	-6	36	0	0
5.	2	7	-8	64	-4	16
Jumlah	50	55	0	294	0	30
Rerata	10	11				

Adapun cara penyelesaiannya dengan langkah sebagai berikut.

1. Hitung standard deviasi dan varians masing-masing sampel

   Standard deviasi sampel 1 (S_{x1}):

$$S_{x1} = \sqrt{\frac{\Sigma(X_{1i} - \dot{X}_1)^2}{n_{x1} - 1}} = \sqrt{\frac{294}{5 - 1}} = 8{,}5732$$

Varians sampel 1 (S_{x1}^2)= (8,5732)² = 73,5

Standard deviasi sampel 2 (S_{x2}):

$$S_{x2} = \sqrt{\frac{\Sigma(X_{2i} - \dot{X}_2)^2}{n_{x2} - 1}} = \sqrt{\frac{30}{5-1}} = 2{,}7386$$

Varians sampel 2 (S_{x2}^2) = (2,7386)² = 7,50

2. Uji varians identik atau tidak, maka perlu dihitung dengan rumus F hitung :

   $$\text{F hitung (1)} = \frac{S_{x1}^2}{S_{x2}^2} = \frac{73{,}5}{7{,}5} = 9{,}8$$

   Atau:

   $$\text{F hitung (2)} = \frac{S_{x2}^2}{S_{x1}^2} = \frac{7{,}5}{73{,}5} = 0{,}102$$

   F tabel 5% DB (4 ; 4) = 6,39,

   Jadi F hitung-1 > F tabel, maka dapat dikatakan kedua sampel variansnya tidak identik.

   NB: (F hitung diambil yang nilainya lebih tinggi)

2. Uji statistik t (Uji t)
   Karena variansnya identik, maka digunakan rumus sebagai berikut.

   $$\text{T hitung} = \frac{|\dot{X}_1 - \dot{X}_2|}{\sqrt{\frac{S_{x1}^2}{n_{x1}} + \frac{S_{x2}^2}{n_{x2}}}}$$

$$= \frac{|10-11|}{\sqrt{\frac{73{,}5}{5} + \frac{7{,}5}{5}}}$$

$$= \frac{1}{4{,}025}$$

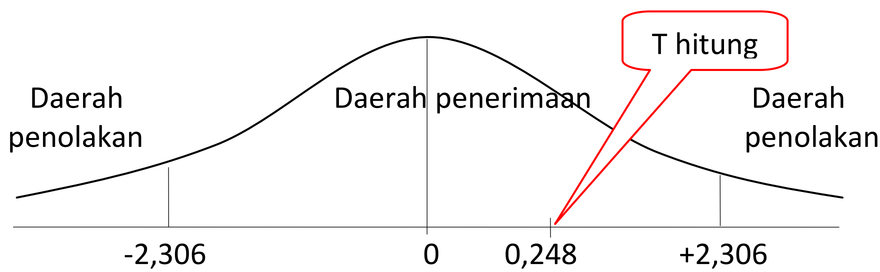
$$= 0{,}248$$

T tabel 5% DB (5 + 5 - 2) = 2,306

Kesimpulan:

Karena t hitung (0,248) < t tabel (2,306), berarti tidak ada beda nyata antara rerata jumlah biji yang berkecambah pada kedua perlakuan.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar berikut.



2.5.5. Teladan 5: Sampel Individunya Berpasangan

Contoh 1. Penelitian berjudul “Pengaruh Mesin Perontok Gabah terhadap Pendapatan Petani”. Sebuah survei yang dilakukan oleh tim peneliti terhadap efektifitas penggunaan sistem banting (X_1) dibandingkan mesin perontok sistem *erect* (X_2) sebagai berikut.

Dengan uji α = 5%, apakah ada perbedaan rata-rata kehilangan gabah (%) dari 2 sistem tersebut nyata atau tidak. Adapun data hasil pengamatan per ubinan (kg/4 m²) dengan 5 ulangan sebagai berikut.

Tabel 2.7. Rerata Kehilangan Gabah Kering per Luas Tanah 4 m² (%)

Ulangan (No.)	Banting (X_1)	*Erect* (X_2)	$Di=(X_1-X_2)$	$(Di-\bar{D})$	$(Di-\bar{D})^2$
1.	16,45	6,00	10,45	1,50	2,24
2.	15,21	6,00	9,21	0,26	0,07
3.	16,25	4,36	11,89	2,94	8,63
4.	14,23	8,25	5,98	-2,97	8,63
5.	15,23	8,00	7,23	-1,72	2,97
Jumlah			44,76	0,00	22,74

Adapun cara penyelesaiannya dengan langkah-langkah sebagai berikut:

$$\dot{D} = \frac{\Sigma Di}{n} = \frac{44,76}{5} = 8,952$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma(D_i - \dot{D})^2}{n_1 - 1}} = \sqrt{\frac{22,74}{5-1}} = 2,3843$$

$$\dot{S}d = \frac{S_d}{\sqrt{n}} = \frac{2,3843}{\sqrt{5}} = 1,006$$

$$T\ hitung = \frac{\dot{D}}{\dot{S}d} = \frac{8,952}{1,006} = 8,395$$

T tabel 5% DB (5 - 1) = 2,776

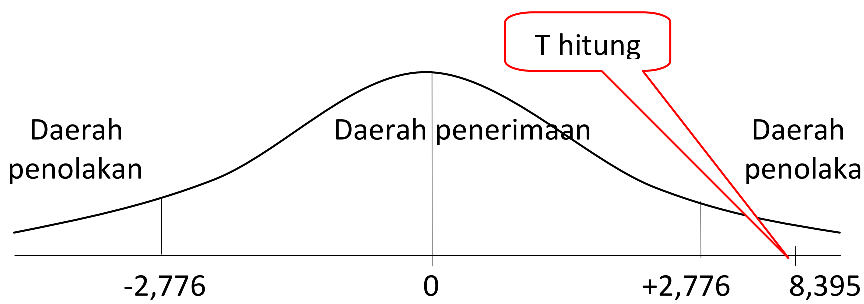
Keterangan:

1. Ṡd = Standard deviasi mean (rerata)
2. Sd = Standard deviasi sampel
3. Ḋ = Rerata selisih pasangan anggota

Kesimpulan:

Karena t hitung (8,395) > t tabel (2,776), berarti penggunaan mesin *erect* dapat meningkatkan efisiensi, atau dapat mengurangi kehilangan gabah secara nyata dibandingkan sistem banting.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar berikut.



Contoh 2. Penelitian berjudul "Pengaruh Insentif Bulanan terhadap Prestasi Kerja Karyawan". Penelitian ini dilakukan pada suatu perusahaan oleh tim peneliti terhadap prestasi kerja karyawan. Penelitian dilakukan 2 tahap yaitu tahap pertama 6 bulan diberi insentif sebagai (X_1) dan kedua yaitu 6 bulan berikutnya tanpa diberi insentif sebagai (X_2).

Dengan uji α = 5%, apakah pemberian insentif dapat meningkatkan prestasi kerja karyawan.

Tabel 2.8. Prestasi Kerja Karyawan

Karyawan (No.)	6 bulan + insentif (X_1)	6 bulan tanpa insentif (X_2)	$Di=(X_1-X_2)$	$(Di-\dot{D})$	$(Di-\dot{D})^2$
1.	25	19	6	3	9
2.	34	32	2	-1	1
3.	28	21	7	4	16
4.	34	34	0	-3	9
5.	30	30	0	-3	9
Jumlah			15	0	44

Adapun cara penyelesaiannya dengan langkah-langkah sebagai berikut:

$$\dot{D} = \frac{\Sigma Di}{n} = \frac{15}{5} = 3$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma(D_i - \dot{D})^2}{n_1 - 1}} = \sqrt{\frac{44}{5-1}} = 3{,}32$$

$$\dot{S}d = \frac{S_d}{\sqrt{n}} = \frac{3{,}32}{\sqrt{5}} = 1{,}48$$

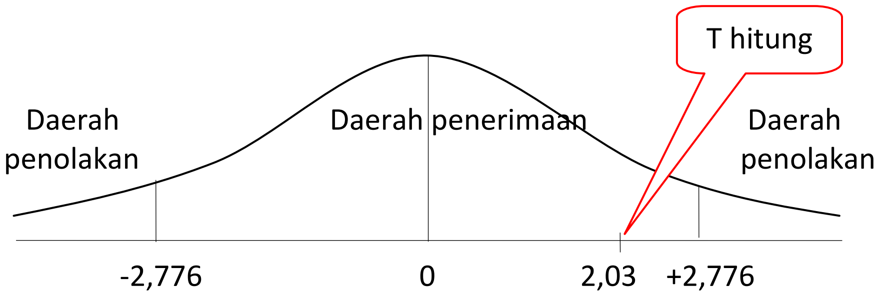
$$T\ hitung = \frac{\dot{D}}{\dot{S}d} = \frac{3}{1{,}48} = 2{,}03$$

T tabel 5% DB(5 - 1) = 2,776

Kesimpulan:

Karena t hitung (2,03 < t tabel (2,776), berarti tidak ada beda nyata, artinya pemberian insentif bulanan tidak menaikan prestasi kerja karyawan. Diberi insentif bulanan dan tanpa insentif bulanan prestasi kerja karyawan sama saja.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Contoh 3. Penelitian yang berjudul "Peranan KUD dalam Mempertahankan Harga Bawang Merah di Kabupaten Brebes". Penelitian ini dilakukan terhadap 9 buah KUD yang ada di Brebes dalam waktu yang sama. Data menunjukkan bahwa harga antar KUD tidak sama besarnya (bervariasi).

Dengan uji 5%, apakah ada beda harga di 9 KUD tersebut dengan harga di pasar. Apabila harga di pasar per 1 ons adalah Rp 875,-

Tabel 2.9. Harga Komiditi Bawang Merah di KUD Kabupaten Brebes

Sampel KUD	Harga/ons (X_i)	($X_i-\bar{X}$)	($X_i-\bar{X}$)^2
1.	2200	822,222	676049,38
2.	2200	822,222	676049,38
3.	1400	22,222	493,83
4.	1000	-377,777	142716,04
5.	1000	-377,777	142716,04
6.	1100	-277,777	77160,49
7.	1100	-277,777	77160,49
8.	1300	-77,777	6049,38
9.	1100	-277,777	77160,49
Jumlah	12400	0	1875555,5
Rerata	1377,777		

Adapun cara penyelesaiannya dengan langkah sebagai berikut.

$$S_{x1} = \sqrt{\frac{\Sigma(X_i - \dot{X})^2}{n_x - 1}} = \sqrt{\frac{1875555{,}5}{9-1}} = 484{,}1946$$

Rata-rata harga di pasar (μ) = Rp 875,-

Uji statistik:

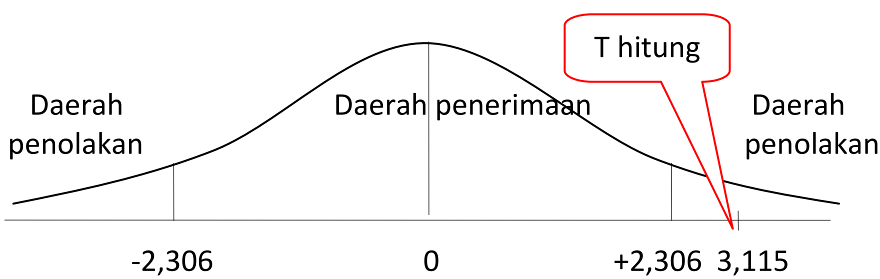
$$\text{T hitung} = \frac{\mu - \dot{X}}{S_x\sqrt{n}} = \frac{1377{,}777 - 875}{484{,}1946\sqrt{9}} = 3{,}115$$

T tabel 5% DB (9 - 1) = 2,306

Kesimpulan:

Karena t hitung (3,115) > t tabel (2,306), maka dikatakan KUD di Kabupaten Brebes dapat mempertahankan harga bawang merah.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar berikut.



2.5.6. Teladan 6: Menghitung *Best Estimate* Standard Deviasi Populasi

Suatu penelitian diketahui standard deviasi sample yang beranggotakan 8 dari populasi A sebesar 4. Berapakah limit dimana terletak *best estimate* standard deviasi B yang diduga dengan sampel yang beranggota 6?. Apabila kedua populasi tersebut variansnya identik dengan jenjang nyata 10%.

1. Perhitungan *standard error* dan varians

   Jumlah sampel (n_{x1}) = 8, Jumlah sampel (n_{x2}) = 6
   stadard deviasi (S_{x1}) = 4 Standard deviasi (S_{x2}) = ?

   Standard deviasi sampel 1 (S_{x1}):

   $$S_{x1} = \sqrt{\frac{n_{x1}}{n_{x1}-1}} \text{ x } S_{x1} = \sqrt{\frac{8}{8-1}} \text{ x } 4 = 4{,}28$$

   Varians sampel 1 (S^2_{x1}) = $(4{,}28)^2$ = 18,29

   Standard deviasi sampel 2 (S_{x2}):

   $$S_{x2} = \sqrt{\frac{n_{x2}}{n_{x2}-1}} \text{ x } S_{x2} = \sqrt{\frac{6}{6-1}} \text{ x } S_{x2}$$

   Varians sampel 2 (S^2_{x2}) = $\frac{6}{5}$ x S^2_{x2}

2. Jika kedua varians identik, maka F hitung $\leq$ F tabel.

F tabel $^1/_2 \propto (7 ; 5) = 4,88$

$$\frac{S_{x1}^2}{S_{x2}^2} \leq 4,88 \text{ berarti } \frac{18,29}{S_{x2}^2} \leq 4,88$$

$$S_{x2}^2 \geq \frac{18,29}{4,88}$$

$$S_{x2}^2 \geq 3,75$$

$$S_{x2}^2 = \frac{6 \text{ x } S_{x2}^2}{5}$$

$$\frac{6 \text{ x } S_{x2}^2}{5} \geq 3,75 \rightarrow S_{x2}^2 \geq 3,12 \rightarrow S_{x2}^2 \geq 1,76$$

$$S_{x2} \geq \sqrt{\frac{6}{5}} \text{ x } 1,76 \rightarrow S_{x2} \geq 1,93$$

F tabel $^1/_2 \propto (5 ; 7) = 3,97$

$$\frac{S_{x2}^2}{S_{x1}^2} \leq 3,97$$

$$\frac{S_{x2}^2}{18,29} \leq 3,97 \longrightarrow S_{x2}^2 \leq 3,97 \text{ x } 18,29$$

$$S_{x2}^2 \leq 72,61$$

$$S_{x2} \leq 8{,}52$$

Jadi *best estimate* standard deviasi populasi X_2 yaitu:

$$1{,}93 \leq S_{x2} \leq 8{,}52$$

2.5.7. Teladan 7: Menghitung varians dari data populasi

Suatu penelitian diketahui standard deviasi sampel yang beranggotakan 8 dari populasi A sebesar 6,07 dan variansnya 0,06. Sampel yang beranggota 10 dengan rerata 5,72. Dengan asumsi bahwa varians homogen (tidak perlu dibuktikan). Pengujian 2 harga rerata menunjukkan perbedaan yang nyata dengan $\propto$ = 5%. Hitunglah varians dari data kelompok B.

Diketahui:

Jumlah sampel (n_A)	= 8,	Jumlah sampel (n_B)	= 10
Rerata A	= 6,07	Rerata B	= 5,72
Varians A (S_A^2)	= 0,06	Varians B (S_B^2)	= ?

Jawab:

$$\text{T hitung} = \frac{|\dot{X}_A - \dot{X}_B|}{\sqrt{\frac{S_p^2}{n_A} + \frac{S_p^2}{n_B}}} > \text{t tabel 5\% DB (18-2)} = 2{,}12$$

$$= \frac{|\dot{X}_A - \dot{X}_B|}{\sqrt{S_A^2 + S_B^2}} > \text{t tabel 5\% DB (18-2)} = 2{,}12$$

$$\text{T hitung} = \frac{|6{,}07 - 5{,}72|}{X} > 2{,}12 \text{ (t tabel)}$$

$$X < 0{,}165$$

Keterangan:

$$X = \sqrt{\frac{S_p^2}{n_A} + \frac{S_p^2}{n_B}} < 0{,}165$$

$$\frac{S_p^2}{8} + \frac{S_p^2}{10} < 0{,}0272$$

$$\frac{10\ S_p^2 + 8\ S_p^2}{80} < 0{,}0272$$

$$18\ S_p^2 < 0{,}0272$$

$$S_p^2 < 0{,}121$$

$$S_p^2 = \frac{(n_A - 1)\ S_A^2 + (n_B - 1)\ S_B^2}{(n_A - 1) + (n_B - 1)} < 0{,}121$$

$$\frac{(8-1)\ (0{,}06) + (10-1)\ S_B^2)}{(8-1) + 10-1)} < 0{,}121$$

$$7\ (0{,}06) + 9\ S_B^2) < 1{,}934$$

$$9\ S_B^2 < 1{,}514$$

$$S_B^2 < 1{,}168$$

Jadi varians populasi B (S_B^2) < 0,168

2.5.8. Teladan 8: Menghitung Limit Data Suatu Sampel Terletak

Suatu penelitian terhadap dua contoh populasi dan diperoleh data tinggi bibit mangga sebagai berikut:

X = 80 70 65 69 74 79 53
Y = z 45 49 70 50 60

Kalau diketahui kedua sampel tersebut populasinya mempunyai varians identik pada $\propto$ = 5%, carilah di dalam mana limit z terletak!

Tabel 2.10. Tinggi Bibit Mangga (cm)

Sampel	X	Y	(Xi-Ẋ)	(Xi-Ẋ)²	Y
1	80	Z	10	100	z²
2	70	45	0	0	2025
3	65	49	-5	25	2401
4	69	70	-1	1	4900
5	74	50	4	16	2500
6	79	60	9	81	3600
7	53	-	-17	289	-
Jumlah	490	274+z	0	512	15426 + z²

Rerata:

$$\dot{X} = \frac{490}{7} = 70$$

Varians sampel:

$$S_x^2 = \frac{\Sigma(X_i - \dot{X})^2}{(n_x - 1)} = \frac{512}{7-1)} = 85{,}34$$

Varians kedua populasi identik:

$$\text{Jika } \frac{S_X^2}{S_Y^2} \leq \text{F tabel atau } \frac{S_Y^2}{S_X^2} \leq \text{F tabel}$$

F tabel $^1/_2 \propto$ DB (6 ; 5) = 6.98 atau F tabel $^1/_2 \propto$ DB (5 ; 6) = 5,99

Persamaan 1.

$$\frac{S_X^2}{S_Y^2} \leq 6{,}98 \rightarrow \frac{85{,}34}{S_Y^2} \leq 6{,}98$$

$$S_Y^2 \geq 12{,}23$$

Persamaan 2.

$$\frac{S_Y^2}{S_X^2} \leq 5{,}99 \rightarrow \frac{S_Y^2}{85{,}34} \leq 5{,}99$$

$$S_Y^2 \leq 54{,}19$$

$$S_Y^2 = \frac{\Sigma Y^2}{(n_Y - 1)} - \frac{(\Sigma Y)^2}{n_Y\,(n_Y - 1)} = \frac{15426 + z^2}{(6-1)} - \frac{(274 + z)^2}{6\,(6-1)}$$

$$= \frac{6\left(15426 + z^2\right) - (274 + z)^2}{30}$$

Berdasarkan persamaan 1:

$$\frac{6\left(15426 + z^2\right) - (274 + z)^2}{30} \geq 12{,}23$$

$6(15426 + z^2) - (274 + z)^2 \geq 366{,}9$

$92556 + 6\ z^2 - (25076 + 548\ z + z^2) \geq 366{,}9$

$5\ z^2 - 548\ z + 17480 \geq 366{,}9$

$5\ z^2 - 548\ z + 17113{,}1 \geq 0$

$5\ z^2 - 548\ z + 17113{,}1 = 0$

Penggunaan rumus abc:

$$X_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4\ ac}}{2\ a}$$

$$= \frac{548 \pm \sqrt{(-548)^2 - 4\ (5)(17113{,}1)}}{2\ (5)}$$

$$= \frac{548 \pm \sqrt{-41258}}{10}$$

= Σtidak dapat dihitung karena angka dalam akar kuadrat bernilai negatif

Berdasarkan persamaan 2:

$$\frac{6\left(15426 + z^2\right) - (274 + z)^2}{30} \leq 511{,}39$$

$6(15426 + z^2) - (274 + z)^2 \leq 15335{,}7$

$92556 + 6 z^2 - (25076 + 548 z + z^2) \leq 15335{,}7$

$5 z^2 - 548 z + 17480 \leq 15335{,}7$

$5 z^2 - 548 z + 2144{,}3 \leq 0$

$5 z^2 - 548 z + 2144{,}3 = 0$

Penggunaan rumus abc:

$$X_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4\,ac}}{2\,a}$$

$$= \frac{548 \pm \sqrt{(-548)^2 - 4\,(5)(2144{,}3)}}{2\,(5)}$$

$$= \frac{548 \pm \sqrt{257414{,}16}}{10}$$

$$= \frac{548 \pm 507{,}36}{10}$$

Maka:

$X_1 = 4{,}064$ atau $X_2 = 105{,}536$

Jadi z terletak antara: $4{,}064 < z < 105{,}536$

BAB 3
DISTRIBUSI F

3.1. Bilangan F dan Distribusinya

Tabel 3.1. Varians Populasi X

Populasi X	Jumlah sampel	Rata-rata	Dugaan varians populasi X
X_1	n_1	$\dot{X}_1$	$S^2_{X1} = \frac{\Sigma(X_{1i} - \dot{X}_1)^2}{(n_1 - 1)}$
X_2	n_2	$\dot{X}_2$	$S^2_{X2} = \frac{\Sigma(X_{2i} - \dot{X}_2)^2}{(n_2 - 1)}$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
X_h	n_h	$\dot{X}_h$	$S^2_{Xh} = \frac{\Sigma(X_{hi} - \dot{X}_h)^2}{(n_h - 1)}$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
~			

Jika terdapat dua macam populasi X dan Y. Pada populasi X diambil beberapa sampel yaitu X_1, X_2, …, X_h,… $X_\sim$ dengan sampel sebesar n_1, n_2, …, n_h, …,$n_\sim$. Populasi Y diambil beberapa sampel yaitu Y_1, Y_2, …, Y_h,… $Y_\sim$ dengan sampel sebesar n_1, n_2, …, n_h, …,$n_\sim$. Kemudian dari masing-masing sampel tersebut diduga variansnya. Dua populasi kemudian dibandingkan, maka akan diperoleh nilai-nilai perbandingan yang berbeda-beda hingga akan merupakan suatu variabel yang disebut variabel F.

Tabel 3.2. Varians Populasi Y

Populasi Y	Jumlah sampel	Rata-rata	Dugaan varians populasi Y
Y_1	n_1	$\bar{Y}_1$	$S^2_{Y1} = \frac{\Sigma(Y_{1i}-\bar{Y}_1)^2}{(n_1-1)}$
Y_2	n_2	$\bar{Y}_2$	$S^2_{Y2} = \frac{\Sigma(Y_{2i}-\bar{Y}_2)^2}{(n_2-1)}$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
Y_h	n_h	$\bar{Y}_h$	$S^2_{Yh} = \frac{\Sigma(Y_{hi}-\bar{Y}_h)^2}{(n_h-1)}$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
~			

Nilai F_i :

$$F_1 = \frac{S^2_{X1}}{S^2_{Y1}}$$

$$F_2 = \frac{S^2_{X2}}{S^2_{Y2}}$$

:

$$F_h = \frac{S^2_{Xh}}{S^2_{Yh}}$$

Ternyata kemungkinan atau frekuensi terjadinya untuk setiap nilai F akan memenuhi suatu distribusi yang disebut distribusi F dengan persamaan:

$$Y = \frac{C\ F^{(r_1 - 2)/2}}{(r_1 + r_2\ F)^{(r_1 + r_2)/2}} \quad \text{...} (1)$$

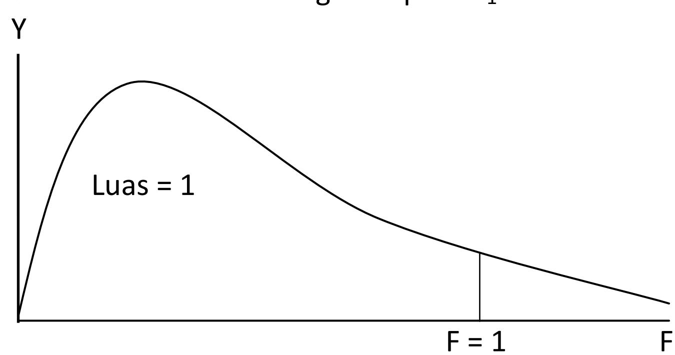
Keterangan:

Y = Kemungkinan untuk setiap nilai F

r_1&r_2 = DB dari masing-masing sampel yaitu (n_1-1) dan (n_2-1)

C = Konstanta yang besarnya sedemikian rupa sehingga luas daerah di bawah kurva F = 1.

Grafik dari persamaan (1) berbeda-beda tergantung besarnya r_1 dan r_2. Gambar 3.1 di bawah ini adalah grafik pada $r_1 > 2$.



Gambar 3.1. Distribusi F pada ($r_1 > 2$)

Proyeksi puncak kurva F tersebut pada horizontal jatuh pada nilai F, sebesar:

$$F = \frac{(r_1 - 2)}{(r_1} \times \frac{r_2}{(r_2 + 2)}$$

Jadi nilai F selalu < 1, dan maksimal jatuh pada F = 1, bila r_1 dan r_2 masing-masing tidak terhingga besarnya.

Dari distribusi F dengan bermacam-macam nilai DB, (r_1 dan r_2) oleh **Fisher** disusun suatu tabel yang menunjukkan nilai F untuk bermacam-macam nilai DB dan bermacam-macam luas daerah di bawah kurva mulai dari F yang bernilai tertentu ke kiri.

Jadi kalau dilihat tabel nilai F (Lampiran 7), untuk r_1 = 7 dan r_2 = 10, $F_{0,95}$ = 3,14 ini berarti luas daerah di bawah kurva mulai dari F = 0 sampai dengan F = 3,14 = 0,95, dan luas daerah di bawah kurva mulai dari F = 3,14 ke kanan menunjukkan kemungkinan besarnya nilai F ≥ 3,14 (dalam hal ini = 5% = 0,05).

Dalam tabel nilai F, r_1 = DB dari varians yang dibagi terletak pada deret i, dan DB dari varians pembagi (=r_2) terletak pada kolom ke-i.

Kegunaan distribusi F:
1. Untuk menguji varians dari 2 populasi identik atau tidak (uji 2 ekor).
2. Untuk analisis varians atau ragam (uji 1 ekor)

Untuk membandingkan 2 rata-rata sampel berbeda nyata atau tidak, pada bab 2 ini telah dibedakan yaitu apabila varians kedua populasi dari 2 sampel tersebut diambil identik atau tidak.

Untuk menguji varians kedua populasi identik atau tidak dengan menguji H_0 bahwa kedua populasi tersebut identik.

$$\text{Ho}: S_X^2 = S_Y^2 \quad \text{atau } F = \frac{S_X^2}{S_Y^2} = 1$$

$$\text{Ha}: S_X^2 \neq S_Y^2$$

Jadi ada 2 alternatif $S_X^2 > S_Y^2$ atau $S_X^2 < S_Y^2$, oleh karena itu pengujian ini menggunakan uji 2 ekor.

Untuk menguji apakah varians 2 populasi identik atau tidak dibuat sampel dari ke 2 populasi tersebut. Dari 2 sampel ini dibuat dugaan varians kedua populasi, yaitu sama dengan S_X^2 dan S_Y^2.

Bila hasil bagi $\frac{S_X^2}{S_Y^2}$ atau $\frac{S_Y^2}{S_X^2}$ sama dengan 1 artinya kedua varians populasi identik. Apabila $\frac{S_X^2}{S_Y^2}$ (= F) menyimpang dari 1, diperlukan batas toleransi yang terletak di sebelah kiri dan kanan dari nilai F = 1 pada distribusi F yang menentukan bahwa apabila $\frac{S_X^2}{S_Y^2}$ atau $\frac{S_Y^2}{S_X^2}$ masih terletak di dalam kedua batas toleransi tersebut, artinya hasil bagi tersebut masih dapat disamakan dengan 1, atau kedua dugaan varians populasi (S_X^2 dan S_Y^2) masih identik. Batas toleransi ini disebut dengan "*significance level*" atau jenjang nyata (= $\propto$%).

Karena batas toleransi tersebut ada 2, maka $\propto$% harus dibagi dua, juga untuk kedua ujung kurve F masing-masing seluas 1/2$\propto$%. Batas toleransi ini jatuh pada nilai F 1-0,5$\propto$ dan F 0,5$\propto$ yang dapat dicari pada tabel F dan selanjutnya disebut dengan nilai F tabel, sedang hasil bagi $\frac{S_X^2}{S_Y^2}$ atau $\frac{S_Y^2}{S_X^2}$ disebut nilai F hitung, selanjutnya ditentukan apakah F hitung > F 1-0,5$\propto$ atau F 0,5$\propto$ (*$\propto$% significant level*). Tetapi karena tabel nilai F untuk F 0,5$\propto$ tidak tersedia yang tersedia adalah F (1-0,5$\propto$), maka untuk memudahkan selalu diambil nilai F hitung yang lebih besar dari 1, dan dibandingkan dengan nilai F 1-0,5$\propto$. Lihat pada tabel nilai F, terlihat nilai F terkecil adalah 1.

Jadi apabila F hitung > F 1-0,5$\propto$ berarti F hitung = 1 dan kedua varians populasi dikatakan tidak identik. Bila F hitung < F 1-0,5$\propto$ berarti F hitung = 1 dan kedua varians populasi dikatakan identik.

Untuk memudahkan selanjutnya F 1-0,5$\propto$ dituliskan F 0,5$\propto$ ujung kanan dan biasanya kata ujung kanan juga dihapus. Untuk menguji apakah varians-varians sampel homogen (bila sampel lebih dari 2) tidak dapat menggunakan distribusi F, tetapi dengan menggunakan distribusi X^2 (*Bartlett's test*). Caranya sebagai berikut.

3.2. Bartlett's Test (Uji Bartlett)

Dimisalkan dimiliki k sampel yang tergantung satu sama lain dengan dugaan varians populasi masing-masing $S_1^2, S_2^2, ..., S_i^2, ..., S_k^2$, dan dengan derajad bebas (DB) masing-masing $r_1, r_2, ..., r_i, ... r_k$, dimana $(r = n - 1)$, maka varians populasi gabungan (S^2) dari sejumlah k populasi yaitu:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{k} r_i S_i^2}{\sum_{i=1}^{k} r_1}$$

Dengan H_0 bahwa varians-varians populasi tersebut homogen, maka suatu kuantum Q yang sama dengan:

$$Q = \frac{2{,}3026}{c} \left[\sum_{i=1}^{k} r_i \times (\log_{10} s^2) - \sum_{i=1}^{k} r_i \log_{10} S_i^2 \right]$$

Keterangan:

$$c = 1 + \frac{1}{3(k-1)} \left[\sum_{i=1}^{k} \frac{1}{r_i} - \frac{1}{\sum_{i=1}^{k} r_i} \right]$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{k} r_i S_i^2}{\sum_{i=1}^{k} r_i}$$

Akan memenuhi distribusi X^2 dengan derajad bebas (k-1). Jadi apabila Q (= X^2 hitung) lebih besar dari X^2 tabel (Lampiran 2) pada jenjang nyata ($\propto$) tertentu, H_0 bahwa varians-varians tersebut homogen harus ditolak.

3.3. Teladan

3.3.1. Uji Varians 2 Populasi Identik atau Tidak

Jika diketahui dua sampel masing-masing terdiri dari 5 dan 7 anggota dengan dugaan varians populasinya masing-masing 11,5 (= S_X^2) dan 146 (= S_Y^2). Diminta untuk menguji apakah varians kedua populasi tersebut identik atau tidak dengan $\propto$ = 5%.

Jawab:

$$\text{F hitung a)} = \frac{S_X^2}{S_Y^2} = \frac{15{,}5}{146} = 0{,}0788$$

$$\text{F hitung b)} = \frac{S_Y^2}{S_X^2} = \frac{146}{15{,}5} = 12{,}700$$

Dalam hal ini yang diambil ialah F hitung b) karena lebih besar dari satu untuk dibandingkan dengan F tabel 0,5 $\propto$% (6 ; 4) dimana 6 adalah DB sampel dari populasi Y (ke samping atau kekanan pada tabel F karena sebagai yang dibagi) dan 4 adalah DB dari populasi X (ke bawah pada tabel karena S_X^2 sebagai pembagi).

Jadi F tabel 0,025 (6 ; 4) = 9,2 dan F hitung = 12,7 >> F tabel sehingga kedua varians (S_X^2 dan S_Y^2) tidak dapat dikatakan identik.

3.3.2. Uji Varians 2 Populasi Homogen atau Tidak

Diketahui 7 sampel masing-masing mempunyai 118, 120, 118, 116, 120, 117 dan 117 anggota dengan dugaan varians populasi masing-masing sebesar 9,28; 6,8; 7,26; 7,43; 9,99; 14,02 dan 10,8.

Diminta untuk menguji apakah ke 7 varians populasi tesebut dapat dikatakan homogen dengan $\propto$ = 5%.

Tabel 3.3. Uji Varians Populasi

Populasi	1	2	3	4	5	6	7	Total
n_1	118	120	118	116	120	117	117	
DB ($=r_i$)	117	119	117	115	119	116	116	819
s^2_i	9,28	6,8	7,26	7,43	9,99	14,02	10,8	
$1/r_i$	0,0085	0,0084	0,0086	0,0087	0,0084	0,0086	0,0086	0,0598
$Log_{10}s^2_i$	0,9675	0,8325	0,8609	0,8710	0,9996	1,1468	1,0334	
$r_i log_{10}s^2 i$	113,197	99,067	100,725	100,165	118,952	133,028	119,874	785,010
$ri\ s^2 i$	1085,76	809,20	849,42	854,45	1188,81	1626,32	1252,80	7666,76

Diketahui: k (jumlah sampel) = 7

$$c = 1 + \frac{1}{3\ (7-1)} [0,0598\ -\ \frac{1}{819}\ ] = 1 + 0,00325 = 1,00325$$

$$S^2 = \frac{7666,76}{819} = 9,361 \text{ maka } Log_{10}\ s^2 = 0,9713$$

$$Q = X^2 \text{ hitung } = \frac{2,3026}{1,00325} [819\ (0,9713) - 785,0109]$$

$$= 24,06$$

X^2 tabel 5% DB (6) = 12,592

Jadi X^2 hitung > X^2 tabel, artinya ke 7 populasi di atas variansnya tidak homogen.

3.3.3. Uji Varians untuk P > 2 Perlakuan Homogen atau Tidak

Diketahui data hasil percobaan pengaruh zat pengatur tumbuh (ZPT) terhadap jumlah akar stek kopi dengan RAL yang terdiri dari 5 perlakuan, masing-masing dengan 5 ulangan seperti pada Tabel 3.4 berikut. Data tersebut agar dapat dibuat anovanya, maka varians harus diuji homogen atau tidak. Ujilah dengan jenjang nyata 5%, apakah benar varians ke-4 perlakuan tersebut homogen.

Tabel 3.4. Jumlah Akar Stek Kopi

Ulangan	IAA	IBA	Rootone F	Urine Sapi
1	12	16	14	11
2	12	14	15	9
3	12	11	11	8
4	9	14	12	12
5	11	15	9	9

Tabel 3.5. Perhitungan Nilai Varians dari Masing-masing Perlakuan

Ullangan	IAA		IBA		Rootone F		Urine Sapi	
	(A)	$(A-\bar{A})^2$	(B)	$(B-\dot{B})^2$	(C)	$(C-\dot{C})^2$	(D)	$(D-\dot{D})^2$
1	12	0,64	16	4	14	3,24	11	1,44
2	12	0,64	14	0	15	7,84	9	0,64
3	12	0,64	11	9	11	1,44	8	3,24
4	9	4,84	14	0	12	0,04	12	4,84
5	11	0,04	15	1	9	10,24	9	0,64
Jumlah	56	6,80	70	14	61	22,80	49	10,80
Rerata	11,2		14		12,2		9,8	

Menghitung besarnya varians masing-masing perlakuan:

$$S_A^2 = \frac{\Sigma(A_i - \bar{A})^2}{n_A - 1} = \frac{6,8}{5-1} = 1,7$$

$$S_B^2 = \frac{\Sigma(B_i - \dot{B})^2}{n_B - 1} = \frac{14}{5-1} = 3,5$$

$$S_C^2 = \frac{\Sigma(C_i - \dot{C})^2}{n_C - 1} = \frac{22,8}{5-1} = 5,7$$

$$S_D^2 = \frac{\Sigma(D_i - \dot{D})^2}{n_D - 1} = \frac{10,8}{5-1} = 2,7$$

Tabel 3.4. Uji Varians Populasi

Sampel	IAA	IBA	Rootone F	Urine Sapi	Jumlah
n_1	5	5	5	5	20
DB ($=r_i$)	4	4	4	4	16
s^2_i	1,7	3,5	5,7	2,7	13,6
$1/r_i$	0,25	0,25	0,25	0,25	1
$Log_{10}s^2_i$	0,230448	0,544068	0,755874	0,431363	1,961775
$r_i log_{10}s^2 i$	0,921795	2,176272	3,023499	1,725455	7,847022
ri s^2i	6,8	14	22,8	10,8	54,4

Diketahui: k = 4 (perlakuan IAA, IBA, Rootone F dan Urine sapi)

$$c = 1 + \frac{1}{3\ (4-1)} [1 - \frac{1}{16}] = 1 + 0,10416 = 1,10416$$

$$S^2 = \frac{54,4}{16} = 3,4 \text{ maka } Log_{10}\, s^2 = 0,531478$$

$$Q = X^2 \text{ hitung} = \frac{2,3026}{1,00325} [16\ (0,531478) - 7,847032]$$

$$= 1,369$$

X^2 tabel 5% DB (4 - 1) = 7,815

Jadi X^2 hitung < X^2 tabel, artinya ke 4 perlakuan tersebut variansnya homogen.

BAB 4
PEMBANDING BERGANDA

Uji F digunakan untuk menguji perbedaan antar perlakuan yang dicobakan. Jika Ho diterima, berarti semua perlakuan yang dicobakan memberikan pengaruh yang sama. Apabila dalam *analysis of variance* (anova) atau analisis ragam terbukti F hitung lebih besar dari F tabel ($\propto$%), berarti Ho ditolak dan diterima Ha, berarti terdapat minimal salah satu di antara rata-rata perlakuan yang berbeda nyata.

Untuk mengetahui antara rata-rata perlakuan yang berbeda nyata, perlu dilakukan pengujian berikutnya. Ada beberapa cara pengujian, diantaranya:

4.1. *Least Significance Difference (LSD)* atau Beda Nyata Terkecil (BNT)

Pengujian berdasarkan distribusi *Student* yaitu:

T hitung $= \dfrac{\dot{X}_{.1} - \dot{X}_{.2}}{S_{x.1-x.2}}$ harus > t tabel agar beda nyata antara $\dot{X}_{.1} - \dot{X}_{.2}$

$$S_{x.1-x.2} = \sqrt{S^2_{X.1} - S^2_{X.2}}$$

$$= \sqrt{\frac{S^2_p}{k} + \frac{S^2_p}{k}}$$

$$= \sqrt{2\,\frac{S^2_p}{k}}$$

Keterangan:

S_p^2 = KTG (kuadrat tengah galat)

$$\text{T hitung} = \frac{\dot{X}_{.1} - \dot{X}_{.2}}{\sqrt{2\frac{S_p^2}{k}}} > t\propto\% \{(k-1) + (k-1)\}\ \text{DB}$$

$$\dot{X}_{.1} - \dot{X}_{.2} > \text{t tabel} \sqrt{2\frac{S_p^2}{k}}$$

$$\text{T tabel} \sqrt{2\frac{S_p^2}{k}} = \text{rumus ini disebut BNT.}$$

T tabel = t $\propto$% (DB galat)

Keterangan:

$$S_p^2 = \frac{\Sigma\Sigma(X_{ij} - \dot{X}_{.j})^2}{n\,(k-1)}$$

n = Banyaknya perlakuan

k = Banyaknya ulangan per perlakuan

Perbedaan antara pasangan rata-rata sampel per perlakuan dikatakan nyata apabila perbedaan selisih angka mutlak kedua perlakuan lebih besar dari BNT 5%-nya, dikatakan sangat nyata apabila perbedaan kedua rata-rata perlakuan lebih besar dari BNT 1%.

BNT sebaiknya digunakan untuk membandingkan rata-rata perlakuan yang telah direncanakan sebelumnya berdasarkan pengalaman-pengalaman yang telah diketahui di luar pengujian ini, dan hanya boleh digunakan apabila F hitungnya menunjukkan ada beda nyata (F hitung > F tabel). Hal ini disebabkan karena sebenarnya BNT hanya tepat apabila untuk membandingkan dua rata-rata perlakuan yang berdampingan sesudah *ranking*.

Keuntungan penggunaan BNT adalah lebih mudah dan cepat. Sedangkan kerugiannya yaitu kurang baik kalau digunakan untuk perbandingan-perbandingan yang tidak direncanakan sebelumnya, meskipun kerugian ini sudah dibatasi dengan hanya digunakan apabila F hitung telah menunjukkan beda nyata (*significant*).

4.2. ***Duncan's New Multiple Range Test*** **(*DMRT*) atau *SSD* = (*Studentized Significant Different*) atau Uji Jarak Berganda Duncan (UJBD)**

Apabila pengaruh-pengaruh dari suatu perlakuan yang akan dibandingkan tidak direncanakan sebelumnya, sebaiknya dilakukan perbandingan yang *multiple* (semua pasangan diperbandingkan).

Caranya yaitu dengan membuat seperangkat *significant difference* yang makin membesar, dan besarnya tergantung atas jarak perlakuan-perlakuan yang akan dibandingkan setelah disusun dari yang terkecil sampai dengan yang terbesar (*ranking*). Cara ini disebut *Duncan's new multiple range test* (DMRT) atau uji jarak berganda duncan (UJBD).

Cara ini tidak perlu dihitung nilai F-nya, karena meskipun F hitung menunjukkan tidak beda nyata, cara ini bisa dipakai. Kenapa mesti dengan *Duncan's new multiple range test*?

Apabila dalam percobaan hanya digunakan dua perlakuan, angka BNT yang untuk membandingkan dua rata-rata perlakuan tersebut, akan tepat seperti kalau digunakan metode *Student*.

Tetapi untuk perlakuan yang digunakan lebih dari dua, maka pemakaian BNT untuk membandingkan dua rata-rata perlakuan yang ekstrim akan terlalu kecil, sebab perbedaan antara dua rata-rata perlakuan yang makin jauh jaraknya sesudah *ranking* akan makin besar yang disebabkan oleh faktor-faktor kebetulan saja.

Cara Duncan ini berdasarkan apa yang disebut dengan *protection level*. Apabila membandingkan dua rata-rata perlakuan dengan $\propto$% *significance level*, maka kemungkinan untuk tidak memperoleh beda nyata apabila 2 rata-rata populasi perlakuan tersebut sama adalah $1-\propto$, dan inilah yang disebut *protection level* dan dituliskan $\gamma\ 2,\propto$ yaitu:

$$\gamma\ 2,\propto = 1-\propto = (1-\propto)^1$$

Untuk membandingkan tiga rata-rata perlakuan *protection* levelnya sama dengan kemungkinan untuk tidak memperoleh beda nyata antara dua rata-rata dalam menguji dua perbandingan yang bebas (*independent*) dari tiga perlakuan tersebut apabila tiga *protection* perlakuan memiliki rata-rata sama, yaitu = $(1-\propto)^2$.

$$\gamma\ 3,\propto = (\gamma\ 2,\propto)^2 = (1-\propto)^2 = (1-\propto)^{(3-1)}$$

Dan *protection level* untuk perbandingan yang menyangkut sebanyak p perlakuan = $\gamma\ p,\propto = (1-\propto)^{p-1}$

Cara Duncan ini adalah sebagai berikut:

1. Mengurutkan angka rata-rata perlakuan dari yang terkecil sampai yang terbesar.
2. Menghitung standard galat rata-rata perlakuan, dengan rumus:

   $$S_x = \sqrt{2\ \frac{S_p^2}{k}} = S_p\ \sqrt{k}$$

   Keterangan:

   S_p^2 = Varians galat atau kuadrat tengah galat (*error*)

   k = Banyaknya ulangan atau besarnya sampel
3. Mencari angka R (p, r, γ p, $\propto$) pada tabel Duncan pada Lampiran 5 (*significance studentized range for 5% and 1% level new multiple range test*).

   p = Jarak rata-rata perlakuan yang dibandingkan

   r = DB galat

   $\gamma\ p,\propto$ = *Protection level* untuk sebanyak p perlakuan dan $\propto$% *significance level*.
4. SSD = R (p, r, γ p,$\propto$) s_x
5. Membandingkan untuk setiap perbedaan pasangan rata-rata perlakuan dengan SSD-nya masing-masing.

6. Memberi garis di bawahnya untuk perlakuan-perlakuan yang tidak beda nyata.

Contoh: Diketahui percobaan varietas tomat dengan RAL yang terdiri dari 5 varietas (A, B, C, D dan E) masing-masing perlakuan diulang 4 kali dengan hasil analisis ragam sebagai berikut.

Tabel 4.1. Sidik Ragam terhadap Hasil Buah Tomat

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F.hitung	F.tabel 5%
Perlakuan	4	106	26,5	4,14 *	3,06
Galat	15	96	6,4		
Jumlah	19	202			

Keterangan: * = berpengaruh nyata (F hitung > F tabel)

Rata-rata hasil tomat sebagai berikut:

$\bar{A}$	$\bar{B}$	$\bar{C}$	$\bar{D}$	$\bar{E}$
6,0	10,5	5,5	11,0	7,0

Kalau ingin membandingkan semua pasangan perlakuan dengan *Duncan's multiple range test* (DMRT) atau uji jarak berganda Duncan (UJBD) dengan cara sebagai berikut:

1. Rata-rata perlakuan diranking menjadi:

1	2	3	4	5
$\bar{C}$	$\bar{A}$	$\bar{E}$	$\bar{B}$	$\bar{D}$
5,5	6,0	7,0	10,5	11,0

2. $S_x = \sqrt{2\,\frac{S_p^2}{k}} = \sqrt{\frac{6{,}4}{4}} = 1{,}26$

3. R (p, r, γ p, $\propto$) adalah (lihat tabel Duncan Lampiran 5)
   R (2-5, 15, 5%)
   r = 2 3 4 5
   r_p = 3,01 3,16 3,25 3,31
   ___________________________ x 1,26
4. SSD = 3,79 3,98 4,09 4,17
5. Membandingkan tiap pasangan rata-rata perlakuan dengan SSDnya masing-masing.

Tabel 4.2. UJBD pada α = 5%

SSD	4,17	4,09	3,98	3,79	
Peralakuan	Ċ 5,5	Ā 6,0	Ȅ 7,0	Ḃ 10,5	Ḋ 11,0
Ḋ = 11,0	5,5	5	4	0,5	0
Ḃ = 10,5	5	4,5	3,5	0	
Ȅ = 7,0	1,5	1	0		
Ā = 6,0	0,5	0			
Ċ = 5,5	0				

6. $\bar{C}$ $\bar{A}$ $\bar{E}$ $\bar{B}$ $\bar{D}$

Semua perlakuan yang dihubungkan dengan garis di bawahnya menunjukkan tidak beda nyata antar perlakuan. Atau bila rata-rata perlakuan tidak diranking, garis-garis tersebut diganti dengan huruf (notasi) berikut ini:

$\bar{C}$ $\bar{A}$ $\bar{E}$ $\bar{B}$ $\bar{D}$

-a------a-

-b------b-

-c---------------c-

Dengan demikian notasi di atas dapat ditulis kembali sebagai berikut:

A = c Keterangan: Perlakuan yang diikuti huruf sama tidak ber-
B = ab beda nyata
C = c
D = a
E = bc

Pada dasarnya SSD untuk jarak perlakuan yang paling kecil sesudah *ranking* (berdampingan) sama dengan LSD atau BNT, sebab:

$$\text{BNT} = \text{t tabel 5\% DB (galat)} \sqrt{2\,\frac{S_p^2}{k}}$$

$$= \text{t tabel 5\% DB (galat)} \sqrt{2} \times \sqrt{\frac{S_p^2}{k}}$$

$$\sqrt{\frac{S_p^2}{k}} = S_x$$

SSD untuk p = 2 = R (p, r, γ 2, $\propto$) x S_x. Jadi R(2, r, γ 2, $\propto$) = t $_{\propto\%}$ DB (galat) $\sqrt{2}$. (Bandingkan tabel t dengan tabel Duncan, SSD pada p = 2 dan $\propto$ = 5% adalah 3,01 untuk DB galat 15. Sedangkan t tabel 5% DB (15) = 2,131, dan kalau dikalikan $\sqrt{2}$ = 3,01).

4.3. *Honesty Significant Difference (HSD)* atau Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) atau Uji Tukey

Cara ini berdasarkan pendapat bahwa bila perlakuan yang tersangkut dalam percobaan banyak, meskipun rata-rata homogen, hampir bisa dipastikan bahwa beberapa perbandingan akan menunjukkan adanya beda yang nyata.

Jadi misalnya untuk *5% significance level*, maka 5% dari percobaan akan menunjukkan adanya 1 perbandingan atau lebih yang menunjukkan perbedaan nyata dan yang 95% tidak menunjukkan perbedaan nyata, apabila rata-rata perlakuan-perlakuannya sebenarnya homogen. Hal demikian ini disebut *experiment wise error rate*.

Cara ini hampir sama dengan uji BNT yaitu diperlukan suatu nilai untuk menentukan adanya semua perbedaan yang nyata, tetapi dengan menggunakan besarnya percobaan sebagai unit untuk menyatakan jenjang nyata atau *significance level*.

Caranya ialah dengan menghitung W:

$W = q\propto (p, n_2)\ s_x$

Keterangan:

$q\propto$ diperoleh dari tabel "*Upper percentage points of the Studentized Range*".

$\propto$ = *Significance level* (jenjang nyata)

p = Banyaknya perlakuan

n_2 = DB galat

Kalau memakai contoh di atas, maka: $q \propto (p\ ;\ n_2)$ = 5% DB (5 ; 15) = 4,37 (tabel Tukey) dapat dilihat pada Lampiran 6 dan S_x = 1,26.

W = 4,37 (1,26) = 5,51

Jadi pada percobaan di atas, perbedaan terbesar hanya 5,5 (= D - C).

$\bar{C}$ $\bar{A}$ $\bar{E}$ $\bar{B}$ $\bar{D}$

---------------------------- (Tidak ada beda nyata)

Dengan *Tukey's method* ini jumlah beda nyata lebih sedikit dari metode Duncan. Oleh karena itu *experiment wise error rate* dapat diperlemah misalnya menjadi 10%.

4.4. Uji Student-Newman-Keuls (Uji S-N-K)

Uji ini sering disebut cara *Keuls's method* atau *Newman-Keul's method*. Caranya seperti Duncan (*multiple range test*), hanya tabel yang digunakan adalah tabel Tukey (Lampiran 6).

$W_p = q \propto (p, n_2)\, S_x$, diketahui: $S_x = 1{,}26$

p	2	3	4	5
$q\propto(p,n2)$	3,01	3,67	4,08	4,37
				x 1,26
W_p =	3,79	4,62	5,14	5,51

Tabel 4.3. Uji Tukey pada α = 5%

W_p	5,51	5,14	4,62	3,79	
Peralakuan	$\dot{C}$ 5,5	$\bar{A}$ 6,0	$\grave{\bar{E}}$ 7,0	$\dot{B}$ 10,5	$\dot{D}$ 11,0
$\dot{C}$ = 11,0	5,5	5	4	0,5	0
$\bar{A}$ = 10,5	5	4,5	3,5	0	
$\grave{\bar{E}}$ = 7,0	1,5	1	0		
$\dot{B}$ = 6,0	0,5	0			
$\dot{D}$ = 5,5	0				

$\bar{C}$ $\bar{A}$ $\bar{E}$ $\bar{B}$ $\bar{D}$

4.5. Uji Dunnett (Dunnett's Test)

Apabila ingin membandingkan antara rata-rata kontrol terhadap rata-rata perlakuan yang lain, disamping menggunakan BNT dapat juga menggunakan cara Dunnet.

Caranya seperti BNT, tetapi menggunakan tabel Dunnet, untuk *one tailed* atau *two tailed test* (*Table of t for comparison between p treatment means and control*)

Untuk perlakuan, termasuk 1 (satu) kontrol, akan ada (p-1) perbandingan, hingga untuk 2 *tailed test* dapat dihitung d' (Dunnet).

d'(Dunnet)= t [Dunnet $\propto$%, DB galat), (p-1) perbandingan] S_x

$$S_x = \sqrt{2\,\frac{S_p^2}{k}}$$

Keterangan:

S_p^2 = Kuadrat tengan galat (KTG)

Jadi untuk contoh di atas (misalnya A sebagai kontrol)

d' = $t_{0,05}$ (15 ; 4 perbandingan) S_x

$$= 2{,}79\ \sqrt{2\,\frac{6{,}4}{4}}\ = 2{,}79 \times 1{,}8 = 5{,}02$$

Jadi satu-satunya beda nyata yang ada yaitu perbandingan C dengan yang berbeda sebesar 5,5, sedangkan perbandingan C dengan rata-rata perlakuan yang lain semuanya lebih kecil dari 5,02.

BAB 5
KOEFISIEN ORTHOGONAL POLINOMIAL

5.1. Pendahuluan

Dalam bab 5 ini akan dibahas tiga contoh penyelesaian perhitungan untuk mencari koefisien orthogonal polinomial baik untuk perlakuan berinterval sama maupun tidak. Koefisien orthogonal polinomial ini sangat penting untuk percobaan dengan perlakuan kuantitatif. Dengan koefisien tersebut dapat digunakan untuk menentukan trend regresi dari perlakuan yang diberikan pada tanaman. Koefisien orthogonal polinomial untuk interval perlakuan yang sama dapat ditemukan pada tabel statistik, sedangkan untuk interval tidak sama perlu dilakukan perhitungan tersendiri. Adapun cara perhitungan dengan menggunakan metode substitusi. Untuk memberikan gambaran cara penyelesaian untuk interval perlakuan tidak sama maupun sama, maka pada teladan 1 dan 2 untuk interval perlakuan tidak sama, sedangkan teladan 3 untuk interval perlakuan yang sama.

Uji kecenderungan (*trend comparation*) digunakan untuk memilih model regresi yang paling tepat dari pengaruh suatu perlakuan terhadap parameter yang diamati. Uji kecenderungan tergantung jumlah aras perlakuan. Sebagai contoh, untuk perlakuan dengan 3 aras maka trend regresinya hanya ada 2 model yaitu: linier dan kuadratik, untuk 4 aras ada 3 model yaitu: linier, kuadratik dan kubik. Untuk perlakuan dengan 5 aras akan ada 4 model regresi yaitu: linier, kuadratik, kubik dan kuartik, dan untuk 6 aras terdapat 5 model yaitu: linier, kuadratik, kubik, kuartik dan kuintik.

Berikut langkah-langkah mencari koefisien orthogonal polinomial apabila dalam tabel statistik tidak ditemukan.

5.2. Koefisien Orthogonal Polinomial untuk 3 Aras Perlakuan

Suatu percobaan dengan perlakuan dosis pupuk urea terdiri dari 3 aras dengan simbul (P) sebagai berikut:

P_1 = 10 gram/tanaman
P_2 = 20 gram/tanaman
P_3 = 40 gram/tanaman

Dari perlakuan tersebut terlihat bahwa interval perlakuan antara P_1 dan P_2 = 20 - 10 = 10, antara P_2 dan P_3 = 40 - 20 = 20. Jadi karena intervalnya tidak sama maka koefisien orthogonal polinomial tidak dapat ditemukan dalam tabel statistik. Oleh karena itu untuk menemukan koefisien tersebut perlu langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut.

Langkah pertama yaitu menyederhanakan nilai perlakuan menjadi bilangan bulat terkecil, dengan cara masing-masing nilai perlakuan dibagi kelipatannya terkecil yaitu angka 10, dan huruf P diganti dengan huruf X, maka akan menjadi:

$X_1 = 1$
$X_2 = 2$
$X_3 = 4$

Dan langkah selanjutnya yaitu menentukan model regresi yang mungkin, yaitu dengan menghitung derajad bebas perlakuannya yaitu: p - 1 = 3 - 1 = 2. Jadi model regresinya hanya ada 2 model regresi yaitu: linier dan kuadratik (kuadratik sebagai order tertinggi).

5.2.1. Koefisien orthogonal polinomial untuk linier

Persamaan umum regresi linier: Y = a + bX, dan masing-masing nilai X disubstitusikan ke persamaan tersebut.

$X_1 = 1$ ----> Y = a + 1 .... (1)
$X_2 = 2$ ----> Y = a + 2 .... (2)
$X_3 = 4$ ----> Y = a + 4 .... (3)

$$\underline{\qquad\qquad\qquad} \; +$$

$$0 = 3a + 7$$

$$a = \frac{7}{-3}$$

$$= -2{,}333$$

Selanjutnya nilai a = -2,333 disubstitusikan ke persamaan (1), (2) dan (3) menjadi :

$$Y = -2{,}333 + 1 = -1{,}333$$
$$Y = -2{,}333 + 2 = -0{,}333$$
$$Y = -2{,}333 + 4 = 1{,}666$$

Angka (-1,33 ; -0,333 ; 1,666) disederhanakan menjadi bilangan bulat terkecil dengan cara masing-masing angka tersebut dibagi dengan angka 0,333, sehingga diperoleh koefisien orthogonal polinomial untuk liniernya yaitu: (-4, -1 ; 5).

5.2.2. Koefisien orthogonal polinomial untuk kuadratik

Persamaan umum regresi kuadratik: $Y = b + cX + X^2$, dan masing-masing nilai X disubstitusikan ke persamaan tersebut.

$X_1 = 1$ ----> Y = b + 1c + 1 .... (4)
$X_2 = 2$ ----> Y = b + 2c + 4 .... (5)
$X_3 = 4$ ----> Y = b + 4c + 16 .... (6)

$$\underline{\qquad\qquad\qquad} \; +$$

0 = 3b + 7c + 21 .... (7)

Masing-masing koefisien orthogonal polinomial untuk linier (-4 ; -1 ; 5) disubstitusikan ke persamaan (4), (5) dan (6) menjadi:

$$
\begin{array}{l}
Y = -4(b) + -4(1c) + -4(1^2) \\
Y = -1(b) + -1(2c) + -1(2^2) \\
Y = 5(b) + 5(4c) + 5(4^2) \\
\hline
0 = 0 + 14c + 72
\end{array} \quad +
$$

$$-14c = 72$$

$$c = \frac{72}{-14}$$

$$= -5{,}14$$

Setelah nilai c diketahui, maka disubstitusikan ke persamaan (7) untuk menentukan nilai b :

$$
\begin{aligned}
0 &= 3b + 7(-5{,}14) + 21 \\
0 &= 3b + (-36) + 21 \\
-3b &= -15 \\
b &= 5
\end{aligned}
$$

Penentuan koefisien orthogonal polinomial untuk kuadratik dengan cara mensubstitusikan nilai b = 5 dan c = -5,14 ke persamaan (4), (5) dan (6), menjadi :

$$
\begin{aligned}
Y &= 5 + 1(-5{,}14) + 1^2 = 0{,}857 \\
Y &= 5 + 2(-5{,}14) + 2^2 = -1{,}28 \\
Y &= 5 + 4(-5{,}14) + 4^2 = 0{,}428
\end{aligned}
$$

Angka-angka (0,857 ; -1,28 ; 0,428) disederhanakan menjadi bilangan bulat terkecil dengan cara masing-masing angka dibagi angka 0,428, sehingga diperoleh koefisien orthogonal polinomial kuadratik (2 ; -3 ; 1).

Jadi dengan perhitungan di atas dapat diperoleh koefisien orthogonal polinomial linier dan kuadratik:

Linier = (-4 ; -1 ; 5)

Kuadratik = (2 ; -3 ; 1)

5.3. Koefisien Orthogonal Polinomial untuk 4 Aras Perlakuan

Dalam suatu percobaan dengan perlakuan pemupukan urea terdiri dari 4 aras dengan simbul (P) sebagai berikut:

P_1 = 0 gram/tanaman
P_2 = 40 gram/tanaman
P_3 = 70 gram/tanaman
P_4 = 100 gram/tanaman

Dari perlakuan tersebut terlihat bahwa interval perlakuan antara P_1 dan P_2 = 40 - 0 = 40, antara P_2 dan P_3 = 70 - 40 = 30, dan antara P_3 dan P_4 = 100 - 70 = 30. Jadi karena intervalnya tidak sama, maka koefisien orthogonal polinomial tidak dapat ditemukan dalam tabel statistik. Oleh karena itu untuk menemukan koefisien tersebut perlu dilakukan langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut.

Langkah pertama yaitu menyederhanakan nilai perlakuan menjadi bilangan bulat terkecil, dengan cara masing-masing nilai perlakuan dibagi kelipatannya terkecil yaitu angka 10, dan huruf P diganti dengan huruf X, maka akan menjadi:

X_1 = 0
X_2 = 4
X_3 = 7
X_4 = 10

Dan selanjutnya menentukan model regresi dengan menghitung derajad bebas perlakuannya yaitu: p - 1 = 4 - 1 = 3. Jadi model regresinya ada 3 model yaitu: linier, kuadratik dan kubik (kubik sebagai order tertinggi).

5.3.1. Koefisien orthogonal polinomial untuk linier

Persamaan umum regresi linier: Y = a + bX, dan masing-masing nilai X disubstitusikan ke persamaan tersebut.

$X_1 = 0 \text{ ----> } Y = a + 0$ .... (1)
$X_2 = 4 \text{ ----> } Y = a + 4$ .... (2)
$X_3 = 7 \text{ ----> } Y = a + 7$ .... (3)
$X_4 = 10 \text{ ---> } Y = a + 10$ .... (4)
______________ +

$0 = 4a + 21$

$$a = \frac{21}{-4}$$

$= -5{,}25$

Selanjutnya nilai a = -5,25 disubstitusikan ke persamaan (1), (2), (3) dan (4) menjadi :

$Y = -5{,}25 + 0 = -5{,}25$
$Y = -5{,}25 + 4 = -1{,}25$
$Y = -5{,}25 + 7 = 1{,}75$
$Y = -5{,}25 + 10 = 4{,}75$

Angka (-5,25 ; -1,25 ; 1,75 ; 4,75) disederhanakan menjadi bilangan bulat terkecil, dengan cara masing-masing angka tersebut dibagi 0,25, sehingga diperoleh koefisien orthogonal polinomial untuk linier berikut (-21; -5; 7 ; 9).

5.3.2. Koefisien orthogonal polinomial untuk kuadratik

Persamaan umum regresi kuaadratik: $Y = b + cX + X^2$, masing-masing nilai X disubstitusikan ke persamaan tersebut.

$X_1 = 0 \text{ ----> } Y = b + 0c + 0^2$ .... (5)
$X_2 = 4 \text{ ----> } Y = b + 4c + 4^2$ .... (6)
$X_3 = 7 \text{ ----> } Y = b + 7c + 7^2$ .... (7)
$X_4 = 10 \text{ ---> } Y = b + 10c + 10^2$ .... (8)
____________________ +

$0 = 4b + 21c + 165$ .... (9)

Masing-masing koefisien orthogonal polinomial linier (-21 ; -5 ; 7 ; 19) disubstitusikan ke persamaan (5), (6), (7) dan (8) menjadi:

$$
\begin{array}{l}
Y = -21(b) + -21(0c) + -21\,(0^2) \\
Y = -5(b) + -5(4c) + -5\,(4^2) \\
Y = 7(b) + 7(7c) + 7\,(7^2) \\
Y = 19(b) + 19(10c) + 19(10^2) \\
\hline
0 = 0 + 219c + 2163
\end{array} +
$$

$$-219c = 2163$$

$$c = \frac{2163}{-219}$$

Setelah nilai c diketahui, maka disubstitusikan ke persamaan (9), untuk menentukan nilai b:

$$0 = 4b + 7\ \frac{2163}{-219} + 165$$

$$0 = 3b + 7\ \frac{2163}{-219} + 165\ \frac{219}{-219}$$

$$-4b = \frac{-45423}{219} + \frac{36135}{219}$$

$$b = \frac{9288}{876}$$

$$= \frac{2322}{219}$$

Penentuan koefisien orthogonal polinomial untuk kuadratik dengan cara mensubstitusikan nilai $b = \frac{2322}{219}$ dan $c = \frac{-2163}{219}$ ke persamaan (5), (6), (7) dan (8) menjadi:

$$Y = \frac{2322}{219} + 0\frac{-2163}{219} + 0^2\ \frac{219}{219} = \frac{2322}{219}$$

$$Y = \frac{2322}{219} + 4\frac{-2163}{219} + 4^2\frac{219}{219} = \frac{-2826}{219}$$

$$Y = \frac{2322}{219} + 7\frac{-2163}{219} + 7^2\frac{219}{219} = \frac{-2088}{219}$$

$$Y = \frac{2322}{219} + 10\frac{-2163}{219} + 10^2\frac{219}{219} = \frac{2592}{219}$$

Angka $\frac{2322}{219}$; $\frac{-2826}{219}$; $\frac{-2088}{219}$ dan $\frac{2592}{219}$ disederhanakan menjadi bilangan bulat terkecil dengan cara masing-masing angka dikalikan dengan 219, selanjutnya dibagi angka 18, sehingga diperoleh koefisien orthogonal polinomial kuadratik (129 ; -157 ; -166 ; 144).

5.3.3. Koefisien orthogonal polinomial untuk kubik

Persamaan regresi kubik: $Y = d + eX + fX^2 + X^3$, dan masing-masing nilai X disubstitusikan ke persamaan tersebut.

$X_1 = 0 \dashrightarrow Y = d + 0e + 0^2f + 0^3$ .... (10)
$X_2 = 4 \dashrightarrow Y = d + 4e + 4^2f + 4^3$ .... (11)
$X_3 = 7 \dashrightarrow Y = d + 7e + 7^2f + 7^3$ .... (12)
$X_4 = 10 \dashrightarrow Y = d + 10e + 10^2f + 10^3$ .... (13)

\+

$0 = 4d + 21e + 165f + 1407$..(14)

Masing-masing koefisien orthogonal polinomial linier (-21 ; -5 ; 7 ; 19) disubstitusikan ke persamaan (10), (11), (12) dan (13) diperoleh :

$$\begin{aligned}
Y &= -21d + 21(0e) + 21(0^2f) + 21(0)\\
Y &= -5d + -5(4e) + -5(16f) + -5(16)\\
Y &= 7d + 7(7e) + 7(49f) + 7(343)\\
Y &= 19d + 19(10e) + 19(100f) + 19(1000)
\end{aligned}$$

\+

$0 = 0 + 219e + 2163f + 21081$ ....(15)

Koefisien kuadratik (129 ; -157 ; -116 ; 144) disubstitusikan ke persamaan (10), (11), (12) dan (13) diperoleh :

$$
\begin{array}{lllll}
Y = & 129d + & 129(0e) + & 129(0^2f) + & 129(0) \\
Y = & -157d + & -157(4e) + & -157(16f) + & -157(16) \\
Y = & -116d + & -166(7e) + & -166(49f) + & -166(343) \\
Y = & 144d + & 144(10e) + & 144(100f) + & 144(1000) \\
\hline
0 = & 0 + & 0 + & 6204\,f + & 94164
\end{array}
\quad +
$$

$$-6204\,f = 94164$$

$$f = \frac{-94164}{6204}$$

Setelah nilai f = $\frac{-94164}{6204}$ diketahui, maka disubstitusikan ke persamaan (15) untuk mendapatkan nilai e:

$$0 = 0 + 219e + 2163\,\frac{-94164}{6204} + 21081$$

$$0 = 0 + 219e + 2163\,\frac{-94164}{6204} + 21081\,\frac{6204}{6204}$$

$$-219e = \frac{-203676732}{6204} + \frac{130786524}{6204}$$

$$-219e = \frac{-72890208}{6204}$$

$$e = \frac{332832}{6204}$$

Selanjutnya nilai e = $\frac{332832}{6204}$ dan f = $\frac{-94164}{6204}$, disubstitusikan ke persa- maan (14), untuk mendapatkan nilai d:

$$0 = 4d + 21\frac{332832}{6204} + 165\frac{-94164}{6204} + 1407\frac{6204}{6204}$$

$$0 = 4d + \frac{181440}{6204}$$

$$-4\,d = \frac{181440}{6204}$$

$$d = \frac{-45360}{6204}$$

Penentuan koefisien orthogonal polinomial untuk kubik dapat diperoleh dengan cara mensubstitusikan nilai d = $\frac{-45360}{6204}$; e = $\frac{332832}{6204}$; dan f = $\frac{-94164}{6204}$ ke persamaan (10), (11), (12) dan (13) sehingga menjadi:

$$Y = \frac{-45360}{6204} + 0\left(\frac{332832}{6204}\right) + 0\left(\frac{-94164}{6204}\right) + 0\left(\frac{6204}{6204}\right) = \frac{-45360}{6204}$$

$$Y = \frac{-45360}{6204} + 4\left(\frac{332832}{6204}\right) + 16\left(\frac{-94164}{6204}\right) + 64\left(\frac{6204}{6204}\right) = \frac{176400}{6204}$$

$$Y = \frac{-45360}{6204} + 7\left(\frac{332832}{6204}\right) + 49\left(\frac{-94164}{6204}\right) + 343\left(\frac{6204}{6204}\right) = \frac{-201600}{6204}$$

$$Y = \frac{-45360}{6204} + 10\left(\frac{332832}{6204}\right) + 100\left(\frac{-94164}{6204}\right) + 1000\left(\frac{6204}{6204}\right) = \frac{705060}{6204}$$

Angka-angka $\frac{-45360}{6204}$; $\frac{176400}{6204}$; $\frac{-201600}{6204}$ dan $\frac{705060}{6204}$ disederhanakan dengan mengalikan 6204, sehingga diperoleh angka -45360 ; 176400 ; -201600 ; 70560 dan selanjutnya disederhanakan menjadi bilangan bulat terkecil dengan dibagi angka 240 sehingga menjadi (-189 ; 735 ; -840 dan 294).

Jadi dengan perhitungan di atas dapat diperoleh koefisien orthogonal polinomial untuk linier, kuadratik, dan kubik sebagai berikut:

Linier = (-21 ; 5 ; 7 ; 19)
Kuadratik = (129 ; -157 ; -116 ; 144)
Kubik = (-189 ; 735 ; -840 ; 294)

5.4. Koefisien Orthogonal Polinomial untuk 5 Aras Perlakuan

Dalam suatu percobaan dengan perlakuan konsentrasi atonik (ppm) terdiri dari 5 aras dengan simbul (P) sebagai berikut.

P_1 = 100 ppm
P_2 = 200 ppm
P_3 = 300 ppm
P_4 = 400 ppm
P_5 = 500 ppm

Angka-angka tersebut perlu disederhanakan menjadi bilangaan bulat terkecil dengan membagi masing-masing angka dengan angka 100, dan huruf P diganti dengan huruf X. Dari perlakuan tersebut terlihat bahwa interval antar perlakuan sama besarnya yaitu 100. Jadi karena intervalnya sama, maka sebenarnya koefisien orthogonal polinomial dapat ditemukan dalam tabel statistik. Namun demikian perlu dilakukan perhitungan hanya sekedar untuk contoh perhitungan saja.
Adapun hasil dari penyerderhanaan perlakuan menjadi:

$X_1 = 1$
$X_2 = 2$
$X_3 = 3$
$X_4 = 4$
$X_5 = 5$

Dan selanjutnya untuk menentukan model regresi dengan menghitung derajad bebas perlakuannya yaitu: p - 1 = 5 - 1 = 4. Jadi model regresinya ada 4 model yaitu: linier, kuadratik, kubik dan kuartik (kuartik sebagai order tertinggi).

5.4.1. Koefisien orthogonal polinomial untuk linier

Persamaan umum regresi linier: Y = a + bX, dan masing-masing nilai X disubstitusikan ke persamaan tersebut.

X_1 = 1 ----> Y = a + 1 .... (1)
X_2 = 2 ----> Y = a + 2 .... (2)
X_3 = 3 ----> Y = a + 3 .... (3)
X_4 = 4 ----> Y = a + 4 .... (4)
X_5 = 5 ----> Y = a + 5 .... (5)
―――――――― +

0 = 5a + 15

$$a = \frac{15}{-5}$$

= -3

Selanjutnya nilai a = -3 disubstitusikan ke persamaan (1), (2), (3), (4) dan (5) menjadi:

Y = -3 + 1 = -2
Y = -3 + 2 = -1
Y = -3 + 3 = 0
Y = -3 + 4 = 1
Y = -3 + 5 = 2

Berdasarkan perhitungan di atas sehingga diperoleh koefisien orthogonal polinomial untuk linier (-2 ; -1; 0 ; 1 ; 2).

5.4.2. Koefisien orthogonal polinomial untuk kuadratik

Persamaan umum regresi kuadratik: $Y = b + cX + X^2$, dan masing-masing nilai X disubstitusikan ke persamaan.

$X_1 = 1 \dashrightarrow Y = b + 1c + 1$ .... (6)
$X_2 = 2 \dashrightarrow Y = b + 2c + 4$ .... (7)
$X_3 = 3 \dashrightarrow Y = b + 3c + 9$ .... (8)
$X_4 = 4 \dashrightarrow Y = b + 4c + 16$ .... (9)
$X_5 = 5 \dashrightarrow Y = b + 5c + 25$ ....(10)
———————————— +
$0 = 5b + 15c + 55$ ....(11)

Masing-masing koefisien orthogonal polinomial linier (-2 ; -1 ; 0 ; 1 ; 2) disubstitusikan ke persamaan (6), (7), (8), (9) dan (10), sehingga akan dihasilkan nilai c dengan langkah berikut:

$$
\begin{aligned}
Y &= -2(b) + -2(1c) + -2(1^2)\\
Y &= -1(b) + -1(2c) + -1(2^2)\\
Y &= 0(b) + 0(3c) + 0(3^2)\\
Y &= 1(b) + 1(4c) + 1(4^2)\\
Y &= 2(b) + 2(4c) + 2(5^2)\\
\hline
0 &= 0 + 10c + 60 \quad +\\
-10c &= 60\\
c &= -6
\end{aligned}
$$

Setelah nilai c = -6, disubstitusikan ke persamaan (11), untuk menentukan nilai b sebagai berikut:

$$
\begin{aligned}
0 &= 5b + 15(-6) + 55\\
-5b &= -35\\
b &= 7
\end{aligned}
$$

Selanjutnya nilai b = 7, dan c = -6, disubstitusikan ke persamaan (6), (7), (8), (9) dan (10), diperoleh angka:

$$Y = 7 + 1(-6) + 1 = 2$$
$$Y = 7 + 2(-6) + 4 = -1$$
$$Y = 7 + 3(-6) + 9 = -2$$
$$Y = 7 + 4(-6) + 16 = -1$$
$$Y = 7 + 5(-6) + 25 = 2$$

Sehingga diperoleh koefisien orthogonal polinomial untuk kuadratik yaitu: (2 ; -1 ; -2 ; -1 ; 2)

5.4.3. Koefisien orthogonal polinomial untuk kubik

Persamaan regresi kubik: $Y = d + eX + fX^2 + X^3$, dan masing-masing nilai X disubstitusikan ke persamaan tersebut.

$$X_1 = 1 \dashrightarrow Y = d + 1e + 1^2f + 1^3 \quad \ldots\ldots (12)$$
$$X_2 = 2 \dashrightarrow Y = d + 2e + 2^2f + 2^3 \quad \ldots\ldots (13)$$
$$X_3 = 3 \dashrightarrow Y = d + 3e + 3^2f + 3^3 \quad \ldots\ldots (14)$$
$$X_4 = 4 \dashrightarrow Y = d + 4e + 4^2f + 4^3 \quad \ldots\ldots (15)$$
$$X_5 = 5 \dashrightarrow Y = d + 5e + 5^2f + 5^3 \quad \ldots\ldots (16)$$
$$\overline{\qquad\qquad\qquad\qquad} \; +$$
$$0 = 5d + 15e + 55f + 225 \quad \ldots\ldots (17)$$

Selanjutnya masing-masing koefisien orthogonal polinomial untuk linier (-2 ; -1 ; 0 ; 1 ; 2) disubstitusikan ke persamaan (12), (13), (14), (15) dan (16) diperoleh:

$$Y = -2d + -2(1e) + -2(1^2f) + -2(1^3)$$
$$Y = -1d + -1(2e) + -1(2^2f) + -1(2^3)$$
$$Y = 0d + 0(3e) + 0(3^2f) + 0(3^3)$$
$$Y = 1d + 1(4e) + 1(4^2f) + 1(4^3)$$
$$Y = 2d + 2(5e) + 2(5^2f) + 2(4^3)$$
$$\overline{\qquad\qquad\qquad\qquad} \; +$$
$$0 = 0 + 10e + 60f + 304 \quad \ldots\ldots (18)$$

Koefisien kuadratik (2 ; -1 ; -2; -1 ; 2) masing-masing disubstitusikan ke persamaan (12), (13), (14), (15) dan (16), akan diperoleh nilai f berikut:

$$
\begin{aligned}
Y &= 2d + 2(1e) + 2(1^2f) + 2(1^3)\\
Y &= -1d + -1(2e) + -1(2^2f) + -1(2^3)\\
Y &= -2d + -2(3e) + -2(3^2f) + -2(3^3)\\
Y &= -1d + -1(4e) + -1(4^2f) + -1(4^3)\\
Y &= 2d + 2(5e) + 2(5^2f) + 2(5^3)\\
\hline
0 &= 0 + 0e + 14f + 126 \quad +\\
-14f &= 126\\
f &= -9
\end{aligned}
$$

Setelah nilai f = -9 diketahui, maka disubstitusikan ke persamaan (18), untuk mendapatkan nilai e sebagai berikut:

$$
\begin{aligned}
0 &= 0 + 10e + 60(-9) + 304\\
-10e &= -236\\
e &= 2,6
\end{aligned}
$$

Selanjutnya nilai e = 2,6 dan f = -9, disubstitusikan ke persamaan (17), sehingga akan diperoleh nilai d sebagai berikut:

$$
\begin{aligned}
0 &= 5d + 15(23,6) + 55(-9) + 225\\
-5d &= 84\\
d &= -16,8
\end{aligned}
$$

Penentuan koefisien orthogonal polinomial untuk kubik dapat diperoleh dengan cara mensubstitusikan nilai d = -16.8, e = 23,6 dan f = -9 ke persamaan (12),(13),(14), (15) dan (16) menjadi:

$$
\begin{aligned}
Y &= -16,8 + 1(23,6) + 1^2(-9) + 1^3 = -1,2\\
Y &= -16,8 + 2(23,6) + 2^2(-9) + 2^3 = 2,4\\
Y &= -16,8 + 3(23,6) + 3^2(-9) + 3^3 = 0,0\\
Y &= -16,8 + 4(23,6) + 4^2(-9) + 4^3 = -2,4\\
Y &= -16,8 + 5(23,6) + 5^2(-9) + 5^3 = 1,2
\end{aligned}
$$

Angka-angka (-1,2 ; 2,4 ; 0 ; -2,4 ; 1,2) disederhanakan dengan cara dibagi 1,2 sehingga menjadi (-1 ; 2 ; 0 ;1).

5.4.4. Koefisien orthogonal polinomial untuk kuartik

Persamaan umum kuartik: $Y = g + hx + ix^2 + jx^3 + x^4$, dan masing-masing nilai X disubstitusikan ke persamaan tersebut.

$X_1 = 1 \dashrightarrow Y = g + 1h + 1^2i + 1^3j + 1^4$ .... (19)
$X_2 = 2 \dashrightarrow Y = g + 2h + 2^2i + 2^3j + 2^4$ .... (20)
$X_3 = 3 \dashrightarrow Y = g + 3h + 3^2i + 3^3j + 3^4$ .... (21)
$X_4 = 4 \dashrightarrow Y = g + 4h + 4^2i + 4^3j + 4^4$ .... (22)
$X_5 = 5 \dashrightarrow Y = g + 5h + 5^2i + 5^3j + 5^4$ .... (23)

\+

$0 = 5g + 15h + 55i + 225j + 979$ .... (24)

Selanjutnya masing-masing koefisien orthogonal polinomial untuk linier (-2 ; -1 ; 0 ; 1 ; 2) disubstitusikan ke persamaan (19), (20), (21), (22) dan (23) diperoleh :

$$
\begin{aligned}
Y &= -2g + -2(1h) + -2(1^2i) + -2(1^3j) + -2(1^4)\\
Y &= -1g + -1(2h) + -1(2^2i) + -1(2^3j) + -1(2^4)\\
Y &= 0g + 0(3h) + 0(3^2i) + 0(3^3j) + 0(3^4)\\
Y &= 1g + 1(4h) + 1(4^2i) + 1(4^3j) + 1(4^4)\\
Y &= 2g + 2(5h) + 2(5^2i) + 2(4^3j) + 2(5^4)
\end{aligned}
$$

\+

$0 = 0 + 10h + 60i + 304j + 1488$ ....(25)

Selanjutnya masing-masing koefisien orthogonal polinomial untuk kuadratik (2 ; -1 ; -2 ; -1 ; 2) disubstitusikan ke persamaan (19), (20), (21), (22) dan (23) diperoleh:

$$
\begin{aligned}
Y &= 2g + 2(1h) + 2(1^2i) + 2(1^3j) + 2(1^4)\\
Y &= -1g + -1(2h) + -1(2^2i) + -1(2^3j) + -1(2^4)\\
Y &= -2g + -2(3h) + -2(3^2i) + -2(3^3j) + -2(3^4)\\
Y &= -1g + -1(4h) + -1(4^2i) + -1(4^3j) + -1(4^4)\\
Y &= 2g + 2(5h) + 2(5^2i) + 2(4^3j) + 2(5^4)
\end{aligned}
$$

\+

$0 = 0 + 0 + 14i + 126j + 818$ ....(26)

Selanjutnya masing-masing koefisien orthogonal polinomial untuk kubik (-1 ; 2 ; 0 ; -2 ; 1) disubstitusikan ke persamaan (19),(20),(21),(22) & (23) diperoleh nilai j.

$$
\begin{array}{l}
Y = -1g + -1(1h) + -1(1^2i) + -1(1^3j) + -1(1^4) \\
Y = 2g + 2(2h) + 2(2^2i) + 2(2^3j) + 2(2^4) \\
Y = 0g + 0(3h) + 0(3^2i) + 0(3^3j) + 0(3^4) \\
Y = -2g + -2(4h) + -2(4^2i) + -2(4^3j) + -2(4^4) \\
Y = 1g + 1(5h) + 1(5^2i) + 1(4^3j) + 1(5^4) \\
\hline
0 = 0 + 0 + 0 + 12j + 144 \quad +
\end{array}
$$
......................(27)

$$-12j = 144$$
$$j = -12$$

Setelah nilai j = -12 diketahui, maka disubstitusikan ke persamaan (12) untuk mendapatkan nilai i, dengan langkah sebagai berikut:

$$0 = 0 + 0 + 14I + 126(-12) + 818$$
$$-14i = -694$$
$$i = 49{,}571$$

Selanjutnya nilai i = 49,571 dan j = -12, kemudian disubstitusikan ke persamaan (25), sehingga diperoleh h:

$$0 = 0 + 10h + 60i + 304j + 1488$$
$$0 = 0 + 10h + 60(49{,}571) + 1488$$
$$-10h = 814{,}28$$
$$h = -81{,}428$$

Selanjutnya mensubstitusikan nilai h = -81,428, i = 49,571 dan j = -12 ke persamaan (24) sehingga diperoleh nilai g, yaitu:

$$0 = 5g + 15h + 55I + 225j + 979$$
$$0 = 5g + 15(-81{,}428) + 55(49{,}571) + 2225(-12) + 979$$
$$-5g = -216$$
$$g = 43{,}2$$

Selanjutnya mensubstitusikan nilai g = 43,2; h = -81,428; i = 49,571; dan j = -12 ke persamaan (19), (20), (21), (22), dan (23) sehingga diperoleh nilai:

$$Y = 43,2 + 1(-81,428) + 1^2(49,571) + 1^3(-12) + 1^4 = 0,3429$$
$$Y = 43,2 + 2(-81,428) + 2^2(49,571) + 2^3(-12) + 2^4 = -1,3714$$
$$Y = 43,2 + 3(-81,428) + 3^2(49,571) + 3^3(-12) + 3^4 = 2,0571$$
$$Y = 43,2 + 4(-81,428) + 4^2(49,571) + 4^3(-12) + 4^4 = -1,3714$$
$$Y = 43,2 + 5(-81,428) + 5^2(49,571) + 5^3(-12) + 5^4 = 0,3429$$

Angka-angka (0,3429; -1,3714; 2,0571; -1,3714; 0,3429), disederhanakan menjadi bilangan bulat terkecil, dengan cara dibagi angka 0,3429 sehingga menjadi bilangan (1 ; -4 ; 6 ; -4 ; 1).

Jadi dengan perhitungan di atas dapat diperoleh koefisien orthogonal polinomial untuk linier, kuadratik, kubik dan kuartik sebagai berikut:

Linier = (-2 ; -1 ; 0 ; 1 ; 2)
Kuadratik = (2 ; -1 ; -2 ; -1 ; -2)
Kubik = (-1 ; 2 ; 0 ; -2 ; 1)
Kuartik = (1 ; -4 ; 6 ; -4 ; 1)

Untuk percobaan yang menggunakan perlakuan kuantitatif dengan 5 aras (*level*) perlakuan serta dengan interval tidak sama, maka dapat digunakan langkah-langkah seperti di atas.

Untuk percobaan yang menggunakan 6 aras (level) perlakuan kuantitatif, maka dapat digunakan formula seperti di atas. Untuk perlakuan dengan 6 aras, maka akan terdapat 5 model regresi yaitu: linier, kuadratik, kubik, kuartik dan kuintik.

BAB 6
RANCANGAN ACAK LENGKAP (RAL)

6.1. RAL dengan Ulangan Sama

Untuk menguji antara rata-rata sampel atau perlakuan berbeda nyata atau tidak, maka untuk mengujinya digunakan distribusi t (*t test*).

Apabila sampel atau *treatment* (perlakuan) yang digunakan jumlahnya lebih dari 2, dan tetap akan menggunakan uji t (*t test*) maka harus dilakukan sepasang-sepasang. Dengan demikian peluang (*chance*) untuk kesimpulan yang diambil salah akan lebih besar.

Misalnya ada 7 sampel, maka perbandingan-perbandingan sepasang-sepasang yang akan dibuat sebanyak:

$$C_{7,2} = \frac{7!}{2!\,(7-5)!} = 21 \text{ pasang}$$

Dalam melakukan 21 kali pengujian ini misalnya menggunakan α = 5% dari pasangan diharapkan t hitung > t tabel 5%, karena faktor-faktor kebetulan saja, maka kemungkinan bahwa 1 pasang perbandingan atau lebih akan menghasilkan t hitung > t tabel 5%:

$$1 - \left(\frac{19}{20}\right)^{21} = 1 - 0{,}34 = 0{,}66$$

Jadi 66% kali atas dasar 5% *significance level*, kita akan menarik kesimpulan yang salah dengan mengatakan bahwa rata-rata sampel berbeda nyata.

6.2. Jumlah Kuadrat (JK) dan Partisi

Perlu dicari jalan lain untuk pengujian apakah ada beda nyata antara 2 rata-rata sampel, apabila sampelnya lebih dari 2. Cara lain tersebut yaitu analisis varians. Cara ini berdasarkan 2 prinsip, yaitu:

1. Pemecahan jumlah kuadrat
2. Menduga standar deviasi populasi dengan 2 cara yang kemudian dibandingkan.

Dimisalkan ada n sampel pengamatan yang masing-masing terdiri dari k individu dapat dilihat pada Tabel 6.1 sebagai berikut:

Tabel 6.1. Struktur Data RAL Ulangan Sama

	Sampel ke-1		Sampel ke-2		....		Sampel ke-n	
	X11		X12	....	Xij	....	X1n	
	X21		X22	....	Xij	....	X2n	
	.		.		.		.	
	.		.		.		.	
	Xi1	....	Xi2	....	Xij	....	Xin	
	.	Ulangan	.	Perlakuan	.		.	
	.		.		.		.	
	Xk1	....	Xk2	....	Xkj	....	Xkn	
Total	$\Sigma X_{.1}$		$\Sigma X_{.2}$		$\Sigma X_{.j}$		$\Sigma\Sigma X_{.n}$	GT (Grand total)
Rata^2	$\bar{X}_{.1}$		$\bar{X}_{.2}$		$\bar{X}_{.j}$		$\bar{X}_{.n}$	$\bar{X}_{..}$ (Grand mean)

Jumlah kuadrat (JK):

Ukuran sebaran (dispersi) data terhadap rata-ratanya sendiri.

Jumlah kuadrat total (JKT):

Ukuran sebaran (dispersi) dari tiap-tiap individu data terhadap rata-rata umum (keseluruhan).

$$JKT = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n} (X_{ij} - \bar{X}_{..})^2$$

$$= \Sigma\Sigma X_{ij}^2 - \frac{(\Sigma\Sigma X_{..})^2}{k \times n}$$

$$\frac{(\Sigma\Sigma X_{..})^2}{k \times n}$$ = *Correction faktor (CF)* atau faktor koreksi (FK)

Jumlah kuadrat perlakuan (JKP):

Ukuran sebaran (dispersi) dari rata-rata perlakuan terhadap rata-rata umum (keseluruhan).

$$JKP = k \sum_{j=1}^{n} (\bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..})^2$$

$$= \frac{\Sigma X_{.j}^2}{k} - \frac{(\Sigma\Sigma X_{..})^2}{k \times n}$$

Jumlah kuadrat galat (JKG):

Ukuran sebaran (dispersi) individu data dalam setiap perlakuan terhadap rata-rata perlakuannya.

$$JKG = \sum_{i=1}^{k} (X_{i1} - \bar{X}_{.1})^2 + \dots + \Sigma (X_{in} - \bar{X}_{.n})^2$$

$$= \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{k} (X_{ij} - \bar{X}_{.j})^2$$

Besarnya nilai JK dalam sampel ini hanya terhantung atas perubahan yang bersifat random pada suatu percobaan, maka JK dalam sampel ini menggambarkan *experimental error* dari percobaan tersebut. Oleh karena itu disebut juga JK galat.

$$\text{JKG} = \sum_{i=1}^{k} (X_{i1} - \bar{X}_{.1})^2 + \ldots + \sum (X_{in} - \bar{X}_{.n})^2$$

$$= \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{k} X_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^{n} X_{.j}^{2}}{k}$$

$$= \Sigma\Sigma X_{ij}^{2} - \text{FK} - \left(\frac{\Sigma X_{.j}^{2}}{k} - \text{FK}\right)$$

$$= \text{JKT} - \text{JKP}$$

Analisis varians bertujuan untuk menguji Ho, bahwa sejumlah n sampel tersebut berasal dari satu populasi, jika diduga besarnya varians dari populasi tersebut dengan jalan bagaimanapun, besarnya dugaan akan sama. Dalam hal ini dapat diambil 2 jalan untuk menduga varians populasi, yaitu:

1. Cara pertama melalui *poolingestimate*

$$S_p^2 = \frac{\sum_{i=1}^{k}(X_{i1} - \bar{X}_{.1})^2}{k-1} + \frac{\sum_{i=1}^{k}(X_{i2} - \bar{X}_{.2})^2}{k-1} + \ldots + \frac{\sum_{i=1}^{k}(X_{in} - \bar{X}_{.n})^2}{k-1}$$

$$= \frac{\sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{k} (X_{ij} - \bar{X}_{.j})^2}{n(k-1)}$$

$$= \frac{\text{JKG}}{\text{DB dalam sampel}}$$

2. Cara kedua melalui varians rata-rata sampel

Menduga varians populasi rata-rata sampel ($\bar{S}_x^2$)

$$\bar{S}_x^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n} (X_{.j} - \bar{X}_{..})^2 =}{n - 1}$$

Diketahui:

$$\bar{S}_x^2 = \frac{Sx^2}{K}$$

$$\text{Jadi } \bar{S}_x^2 = \frac{k \sum_{j=1}^{n} (X_{.j} - X_{..})^2}{n - 1}$$

$$= \frac{\text{JKP}}{\text{DB dalam sampel}}$$

Kalau betul Ho bahwa sampel-sampel tersebut berasal dari 1 populasi, maka kedua dugaan varians identik.

$$\bar{S}p^2 = \bar{S}x^2 \text{ atau } \frac{\bar{S}x^2}{\bar{S}p^2} = F = 1$$

Ho = $\bar{S}x^2$ = >> $\bar{S}p^2$ dan Ha = $\bar{S}x^2 > \bar{S}p^2$

Tidak memperhatikan sebaliknya ($S_p^2 > \bar{S}_x^2$) sebab hanya ingin ditahui apakah perbedaan antar rata-rata sampel > perbedaan-perbedaan yang disebabkan oleh *experimental error*. Jadi pengujian Ho di sini menggunakan *one tailed test*, dan S_x^2 yang selanjutnya disebut dengan S_t^2 selalu sebagai pembilang, S_p^2 sebagai penyebut pada menghitung besarnya F hitung. Jadi kalau S_t^2 >> S_p^2 atau F hitung > F $\propto$5% {(n-1) ; n(k-1)} DB, berarti Ho salah, Ho ditolak, dan sejumlah sampel tersebut ternyata tidak berasal dari satu populasi, tetapi berasal dari bermacam-macam populasi yang berbeda-beda rata-ratanya.

Jika F hitung < F $\propto$5% DB {(n-1); n(k-1)}, berarti Ho betul dan sejumlah sampel tersebut ternyata berasal dari 1 atau beberapa populasi yang reratanya sama besarnya. Jika F hitung < 1 (S_t^2 << S_p^2), maka perhitungan F tidak perlu diteruskan karena perbedaan yang disebabkan oleh *experimental error* lebih besar dari perbedaan yang disebabkan oleh perlakuan itu sendiri.

Perhitungan nilai F ini dapat diatur dalam sistematika yang baik hingga suatu tabel analisis ragam atau varians (*analysis of varince*).

Tabel 6.2. Analisis Ragam RAL Ulangan Sama

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F. Hitung	F tabel 5%
Perlakuan	n-1	JKP_{RAL}	$\frac{JKP}{n-1}$	$\frac{JKP}{KTG}$	DB (n-1); (n-1)(k-1)
Galat	n(k-1)	JKG_{RAL}	$\frac{JKG}{n(k-1)}$		
Jumlah	nk -1	Jkt			

FK = Faktor koreksi = $\frac{(\Sigma\Sigma X_{..})^2}{k \times n}$

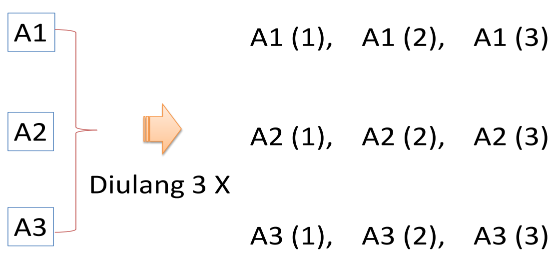
Pada analisis varians tersebut bila F hitung menunjukkan ada beda nyata antar rata-rata perlakuan, KTP tidak lagi merupakan dugaan varians populasi. KTP akan jauh lebih besar dari KTG. Dalam hal ini dapat dinyatakan bahwa KTP merupakan dugaan dari dua komponen varians yaitu varians populasi (σ^2) dan varians rata-rata perlakuan setelah pengaruh varians *error* dalam perlakuan dipisahkan. Varians komponen kedua ini disebut dengan varians populasi rata-rata perlakuan, dan diberi tanda σ^2T. Ini berbeda dengan varians rata-rata perlakuan dari sampel (KTP). Karenanya dapat ditulis: KTP = *Estimate* ($\sigma^2 + k\,\sigma^2T$).

Bila F hitung menunjukkan tidak ada beda nyata antar rata-rata perlakuan, maka: $\sigma^2T = 0$ dan KTP (maupun KTG) merupakan *estimate* σ^2 (varians populasi). Hal ini akan dibicarakan lebih mendalam pada pembicaraan aturan **Schultz** tentang "*Expected mean square*".

6.3. Randomisasi dalam RAL

Dimisalkan percobaan yang disusun dalam RAL yang terdiri dari 3 perlakuan yaitu A_1, A_2 dan A_3 dan masing-masing perlakuan diulang tiga kali sehingga dibutuhkan 3 x 3 = 9 petak perlakuan. Adapaun perlakuan dan ulangannya yaitu:

Perlakuan A dengan 3 level:

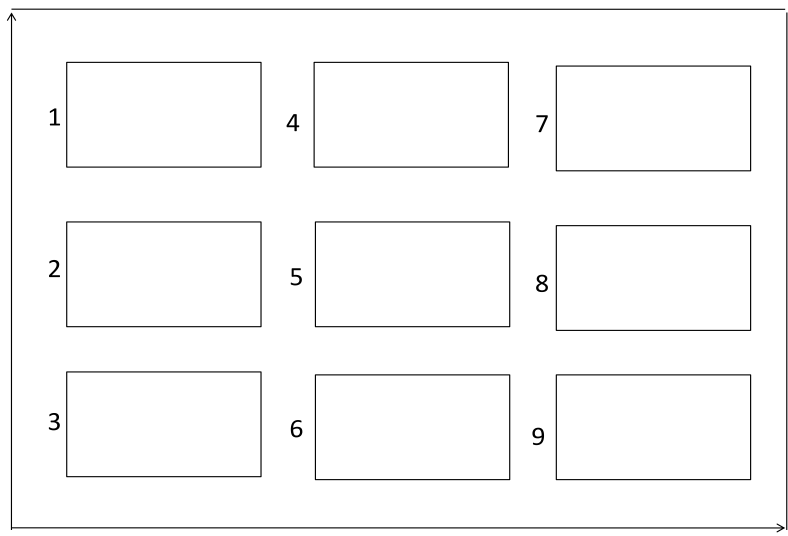


Keterangan:

(1), (2) dan (3) = Ulangan pertama, kedua dan ketiga

Cara pengacakan perlakuan dalam RAL yaitu:

1) Karena ada 9 petak perlakuan, maka disediakan 9 kertas (ukuran 2 x 3 cm) yang akan diberi tulisan perlakuan dengan ulangannya. 9 kertas tersebut masing-masing diberi tulisan: A_1(1), A_1(2), A_1(3), A_2(1), A_2(2), A_2(3), A_3(1), A_3(2) dan A_3(3).
2) Rancangan tata letak perlakuan dalam RAL sudah dipersiapkan lebih dahulu sebanyak 9 petak perlakuan yang diberi nomor urut dari 1-9. Pemberian nomor urut dari atas ke bawah seperti Gambar 6.1.

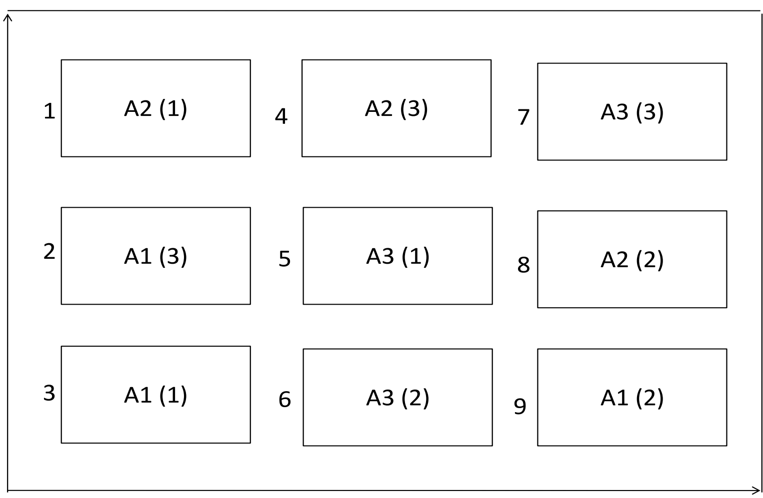


Gambar 6.1. Rancangan Tata Letak Perlakuan dalam RAL Faktor Tunggal

3) Setelah semua kertas diberi tulisan, selanjutnya dilinting satu per satu dan dimasukkan dalam kotak. Pengacakan dilakukan pada sekaligus dalam kotak. Kotak dikopyok dan dilakukan pengambilan 1 kertas lintingan. Setiap kertas lintingan yang sudah terambil tidak boleh dimasukan atau dikembalikan ke kotak.
   - Pengambilan kertas lintingan yang ke-1 ternyata A_2 (1) yang akan menempati petak nomor 1.

- Kotak dikopyok lagi dan dilakukan pengambilan kertas lintingan yang ke-2, terambil A_1 (3) yang akan menempati petak nomor 2.
- Kotak dikopyok lagi dan dilakukan pengambilan kertas lintingan yang ke-3, terambil A_1 (1) yang akan menempati petak nomor 3. Dan dilakukan terus-menerus pengambilan hingga sisa 1 kertas lintingan terakhir.
- Pengambilan kertas lintingan ke-9 (kertas lintingan terakhir) ternyata A_1 (2) yang akan menempati petak nomor 9. Dan pekerjaan pengacakan sudah selesai.

Hasil Pengacakan RAL



Gambar 6.2. Tata Letak Perlakuan RAL dalam RAL Faktor Tunggal

Keterangan:

A2 (1) = Perlakuan A_2 pada ulangan pertama

A1 (3) = Perlakuan A_1 pada ulangan ketiga, dan seterusnya.

Gambar 6.2 menunjukkan tata letak perlakuan pada percobaan di laboratorium atau lapangan secara acak.

6.4. Model Analisis Ragam dengan 1 Kriteria Klasifikasi

Model analisis ragam dengan 1 kriteria klasifikasi dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

$$X_{ij} = \dot{X} + t_{.j} + e_{ij}$$

Keterangan:

X_{ij} = Pengamatan pada perlakuan ke j pada ulangan ke i
$\dot{X}$ = Rata-rata sesungguhnya
$t_{.j}$ = Pengaruh perlakuan ke j = $\dot{X}_{.j} - \dot{X}_{..}$
e_{ij} = Pengaruh *random sampling* atau *error* = $X_{ij} - \dot{X}_{.j}$

Dengan model ini berarti diasumsikan bahwa pengaruh dari tiap-tiap perlakuan (kalau ada) merupakan sesuatu yang tetap (*fixed*) yang ditambahkan pada rata-rata umum, dengan kata lain perlakuan mempunyai pengaruh *additive*.

Jika pengaruh tidak bersifat *additive*, maka anova di atas harus dimodifikasi. Jika perlakuan mempunyai pengaruh yang multiplikatif, maka hal itu dapat diatasi dengan menggunakan angka log dari pengamatan asli, dan analisis ragam tersebut dapat dikerjakan lagi tanpa mengalami modifikasi. Model di atas dapat ditunjukkan secara sederhana. Misalnya ada 5 sampel berikut:

Tabel 6.5. Data Pengamatan

Ulangan	Perlakuan					
	A	B	C	D	E	
1	19	12	9	14	10	
2	4	10	4	9	6	
3	6	13	4	10	8	
4	4	7	5	11	4	
Jumlah	24	42	22	44	28	$\Sigma\Sigma X_{..}$= 160
Rerata	6	10,5	5,5	11	7	$\dot{X}_{..}$ = 8
Pengaruh perlakuan ($\dot{X}_{.j} - \dot{X}_{..}$)						
	-2,0	+2,5	-2,5	+3,0	-1,0	

Sesuai dengan model di atas, mestinya angka-angka dalam tabel tersebut semuanya sama yaitu sama dengan ($t_{.j}$) dan *error* (e_{ij}) menjadi beragam. Kalau pengaruh perlakuan dieliminasi dengan mengurangi dengan ($X_{.j}$ - $\dot{X}_{..}$) untuk tiap-tiap perlakuan yang sesuai, maka tabel akan berubah menjadi sebagai berikut:

Tabel 6.6. Data Pengamatan

Ulangan	Perlakuan					
	A	B	C	D	E	
1	12	9,5	11,5	11	11	
2	6	7,5	6,5	6	7	
3	8	10,5	6,5	7	9	
4	6	4,5	7,5	8	5	
Jumlah	32	32	32	32	32	$\Sigma\Sigma X_{..}$= 160
Rerata	8	8	8	8	8	

Ternyata dari Tabel 6.6 di atas menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan sudah hilang, terbukti dengan rata-rata perlakuan menjadi sama yaitu 8. Tetapi masih ada keragaman. Hal ini hanya tinggal disebabkan oleh *error*.

Kalau pengaruh *error* (X_{ij} - $\dot{X}_{.j}$) dieliminasi tentunya semua angka dalam tabel tersebut akan menjadi sama semua yaitu 8.

Misalnya X_{23} (= 4) ---> pengaruh *error* yang ada yaitu = X_{23} - $X_{.3}$ = 4 - (+5,5) = -1,5. Jadi kalau X_{23} yang sudah dipisahkan pengaruh perlakuannya sebesar -2,5 sehingga menjadi 6,5, sekarang dikurangi pengaruh *error* sebesar -1,5, akan menjadi 8.

6.5. Model RAL dengan Ulangan Tidak Sama

Jika ada sampel atau perlakuan dengan ulangan yang tidak sama, seperti yang dicontohkan sebagai berikut. Misalkan terdapat n sampel yang masing-masing terdiri dari k individu sebagai berikut:

Tabel 6.7. Struktur Data RAL Ulangan Tidak Sama

	Sampel ke-1	Sampel ke-2	...	Sampel ke-i	...	Sampel ke-n	
	X_{11}	X_{12}	......	X_{ij}	......	X_{1n}	
	X_{21}	X_{22}	......	X_{ij}	......	X_{2n}	
	:	:		:		:	
	X_{i1}	X_{i2}	.....	X_{ij}	......	X_{in}	
	:	:		:		:	
	X_{k1}	X_{k2}	.....	X_{kj}	......	X_{kn}	
Total	$\Sigma X_{.1}$	$\Sigma X_{.2}$		$\Sigma X_{.j}$		$\Sigma X_{.n}$	$\Sigma\Sigma X_{..}$
Rata²	$\bar{X}_{.1}$	$\bar{X}_{.2}$		$\bar{X}_{.j}$		$\bar{X}_{.n}$	$\bar{X}_{..}$

Jika sampel atau perlakuan mempunyai ulangan yang tidak sama, maka rumus-rumus JKP, JKP, JKG akan menjadi:

$$FK = \frac{(\Sigma\Sigma X_{..})^2}{k_1 + k_2 + k_3 + \ldots + k_n}$$

$$JKt = \sum_{i=1}^{k_1} X_{.1}^2 + \sum_{i=1}^{k_2} X_{.2}^2 + \ldots + \sum_{i=1}^{k_n} X_{in}^2 - FK$$

$$JKP = \frac{\Sigma X_{.1}^2}{k_1} + \frac{\Sigma X_{.2}^2}{k_2} + \ldots + \frac{\Sigma X_{.n}^2}{k_n} - FK$$

JKG = JKt - JKP

Tabel analisis ragam (Tabel 6.8) untuk 1 kriteria klasifikasi, ulangan tidak sama yang terdiri dari n perlakuan akan berbeda apabila dibandingkan ulangan sama.

Tabel 6.8. Analisis Ragam RAL Ulangan Tidak Sama.

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	n-1	JKP	$\frac{JKP}{DBP}$	$\frac{KTP}{KTG}$	DB (n-1); (DBG)
Galat	DBG= DBT-DBP	JKG	$\frac{JKP}{DBG}$		
Jumlah	$k_1+k_2+...+k_n$ - 1	JKt			

Jika F hitung menunjukkan adanya beda nyata antar rata-rata perlakuan dapat digunakan BNT. Tetapi BNT di sini hanya berguna untuk membandingkan tiap-tiap pasangan rata-rata perlakuan dengan rumus sebagai berikut:

Misalkan ingin membandingkan rata-rata perlakuan 1 dan perlakuan 2, maka BNT akan sama dengan:

$$\text{BNT} \propto\% = \text{t tabel} \propto\% \text{ (DB galat)} \sqrt{\text{KTG} \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}\right)}$$

Sedang cara-cara pengujian beda nyata yang lain untuk 1 kriteria klasifikasi dengan ulangan tidak sama, belum diketahui betul dapat atau tidaknya digunakan. Rancangan yang paling sederhana untuk 1 kriteria klasifikasi ini ialah rancangan acak lengkap (RAL) atau *completely randomized design (CRD)*.

Rancangan ini mudah dijalankan, tidak ada ketentuan tentang ulangannya, jadi boleh tidak sama untuk masing-masing perlakuan. Oleh karena itu adanya data yang hilang tidak jadi masalah, dan yang membatasi banyaknya perlakuan hanyalah variabilitas plot.

Keberatanya ialah pengaruh variabilitas plot besar, DB galatnya juga besar. Cara merandom atau mengacak perlakuannya yaitu secara menyeluruh dalam satu percobaan.

6.6. Teladan

6.6.1. Teladan 1: RAL 4 Aras dengan 4 Ulangan Sama

Diketahui hasil percobaan yang terdiri dari 5 perlakuan (A, B, C, D, E) yang masing-masing terdiri dari 4 ulangan dengan rancangan acak lengkap (RAL) sebagai berikut:

Tabel 6.9. Data Pengamatan

Ulangan	Perlakuan					
	A	B	C	D	E	
1	10	12	9	14	10	
2	4	10	4	9	6	
3	6	13	4	10	8	
4	4	7	5	11	4	
Jumlah	24	42	22	44	28	ΣΣX..= 160
Rerata	6	10,5	5,5	11	7	

Ditanyakan:

1. Buatlah anovanya ($\propto$ = 5%), apa ada beda nyata antar rata-tata perlakuan.
2. Buatkan dugaan varians populasi rata-rata perlakuan.

Tahap 1. Perhitungan faktor koreksi (FK) dan jumlah kuadrat (JK)

1. Faktor koreksi (FK) $= \frac{(\Sigma\Sigma X_{..})^2}{\mathrm{k\ x\ n}} = \frac{160^2}{4 \text{ x } 5} = 1280$

2. JK total (JKt) $= \Sigma\Sigma X^2_{ij} - \text{FK}$

$= 10^2 + 4^2 + \ldots + 4^2 - 1280$

$= 202$

3. JK perlakuan (JKP) $= \sum_{j=1}^{n} \frac{X_{.j}^2}{k} - FK$

$= \frac{24^2 + 42^2 + \cdots + 28^2}{4} - 1280$

$= 106$

4. JK galat = JKt – JKP = 202 – 106 = 96

Tahap 2 : Perhitungan derajad bebas (DB)

1. DB total (DBt) = (n x k) - 1 = (5 x 4) - 1 = 19
2. DB perlakuan (DBP) = n - 1 = 5 - 1 = 4
3. DB galat (DBG) = DBt - DBP = 19 - 4 = 15

Tahap 3 : Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT perlakuan (KTP) = $\frac{\text{JKP}}{\text{DBP}} = \frac{106}{4} = 26{,}5$

2. KT galat (KTG) = $\frac{\text{JKG}}{\text{DBG}} = \frac{96}{15} = 6{,}4$

Tahap 4 : Perhitungan F hitung

- F hitung perlakuan = $\frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} = \frac{26{,}5}{6{,}4} = 4{,}14$

Tahap 5 : Penyusunan dari perhitungan ke tabel analisis ragam

Tabel 6.10. Analisis Ragam dalam RAL

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	4	106	26,5	4,14 *	3,06
Galat	15	96	6,4		
Jumlah	19	202			

Keterangan: * = Berbeda nyata,
ns = Tidak berbeda nyata

26,5 = *Estimate* dari ($\sigma^2 + 4\sigma^2T$)
6,4 = *Estimate* σ^2

Jadi $4\sigma^2T = 26,5 - 6,4$
$\sigma^2T = 5,025$

6.6.2. Teladan 2: RAL 3 Perlakuan, 3 Ulangan Sama

Penelitian lapangan dengan judul "Pengaruh Kapasitas Kerja terhadap Alat Pengolahan Tanah Sistem Basah" dengan menggunakan percobaan satu faktor disusun dalam RAL.

Perlakuan diberi simbul (K) terdiri terdiri dari tiga aras yaitu K_1 = 8 HP, K_2 = 5 HP dan K_3 = Tenaga manusia. Perlakuan di atas termasuk perlakuan kualitatif. Dan masing-masing perlakuan diulang tiga kali sehingga diperlukan 3 x 3 = 9 petak atau plot untuk percobaannya. Penelitian ini hanya mengamati kapasitas kerja traktor atau manusia (m^2/menit).

Tahap 1 : Penyusunan kembali data dari lapangan

Tabel 6.11. Data Pengamatan Tinggi Tanaman

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
K_1	74,00	72,00	74,28	220,28	73,43
K_2	32,90	32,54	32,53	97,97	32,66
K_3	5,70	5,40	4,90	16,00	5,33
Jumlah	112,60	109,94	111,71	334,25	37,139

Berdasarkan Tabel 6.11 di atas dapat disusun langkah-langkah penyelesaiannya sebagai berikut:

Tahap 2 : Perhitungan faktor koreksi (FK) dan jumlah kuadrat (JK)

1. Faktor koreksi (FK) $= \dfrac{(\Sigma\Sigma X_{..})^2}{k \times n} = \dfrac{334{,}25^2}{3 \times 3} = 12413{,}674$

2. JK total (JKt) $= \Sigma\Sigma X^2_{ij} - FK$

   $= 74^2 + 72^2 + \ldots + 4{,}9^2 - 12413{,}674$

   $= 7048{,}967$

3. JK perlakuan (JKP) $= \dfrac{\Sigma(X_{.j})^2}{k} - FK$

   $= \dfrac{(220{,}28^2 + \ldots + 16^2)}{3} - 12413{,}674$

   $= 7045{,}459$

4. JK galat (JKG) $= JKt - JKP$

   $= 7048{,}967 - 7045{,}459$

   $= 3{,}508$

Tahap 3 : Perhitungan derajad bebas (DB)

1. DB total (DBt) = (K x k) - 1 = (3 x 3) - 1 = 8
2. DB perlakuan (DBP) = K - 1 = 3 - 1 = 2
3. DB galat(DBG) = DBt - DBP = 8 - 2 = 6

Tahap 4 : Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT perlakuan (KTP) = $\frac{\text{JKP}}{\text{DBP}} = \frac{7045{,}459}{2}$ = 3522,730
2. KT galat (KTG) = $\frac{\text{JKG}}{\text{DBG}} = \frac{3{,}508}{6}$ = 0,585

Tahap 5 : Perhitungan F hitung

- F hitung perlakuan = $\frac{\text{KTG}}{\text{KTG}} = \frac{3522{,}730}{0{,}585}$ = 6025,537

Tahap 6 : Penyusunan dari perhitungan ke tabel analisis ragam

Tabel 6.12. Analisis Ragam dalam RAL

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	2	7045,459	3522,730	6025,537*	5,14
Galat	6	3,508	0,585		
Jumlah	8	7048,967			

Keterangan: * = Berbeda nyata, ns = Tidak berbeda nyata

Kesimpulan: F hitung (6025,537) > F tabel (5,14), ada beda nyata antar perlakuan.

Koefisien keragaman (KK) = $\frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\dot{\text{X}}}$ x 100% = $\frac{\sqrt{0,585}}{37,139}$ x 100% = 2,059%

Hal ini menunjukkan bahwa keragaman yang ditimbulkan oleh *error* (kesalahan) sebesar 2,059%

Tahap 7 : Pengujian terhadap perlakuan yang berbeda nyata

Uji lanjut yang digunakan yaitu uji jarak berganda Duncan (UJBD) pada jenjang nyata 5%

1. Rerata perlakuan (T):
   K_1 = 73,43 K_2 = 32,66 K_3 = 5,33
2. *Standart error* rerata perlakuan

   $$Sx = \sqrt{\frac{\text{KTG}}{\text{k}}} = \sqrt{\frac{0,585}{3}} = 0,441$$

3. R (2 - 3 ; 6 ; 5%)
   r = 2   3
   rp = 3,46   3,58
   x 0,441
4. SSD = 1,527   1,580

Tabel 6.13. UJBD pada α = 5%

SSD = Rp x Sx	1,580	1,527	
Rerata Perlk.	K3	K2	K1
	5,33	32,66	73,43
K1 = 73,43	68,09	40,77	0
K2 = 32,66	27,33	0	a
K3 = 5,33	0	b	
	c		

Berdasarkan hasil uji jarak berganda Duncan di atas, maka dapat dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 6.14. Pengaruh Daya terhadap Kapasitas Kerja

Perlakuan	Rerata	Notasi
K_1	73,43	A
K_2	32,66	b
K_3	5,33	c

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf sama pada kolom menunjukkan tidak ada beda nyata antar perlakuan berdasarkan uji jarak berganda Duncan (UJBD) pada jenjang nyata 5%.

Berdasarkan Tabel 6.14 tersebut di atas menunjukkan bahwa antar perlakuan ada beda nyata, yang mana perlakuan traktor dengan daya 8 HP menghasilkan kapasitas kerja paling tinggi, dan menurun pada traktor dengan daya 5 HP dan terendah adalah tenaga manusia.

6.6.3. Teladan 3: RAL 5 Perlakuan Ulangan Tidak Sama (Model 1)

Penelitian lapangan dengan judul "Pengaruh Macam Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) terhadap Jumlah Anakan Tanaman Padi" menggunakan percobaan satu faktor disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL). Perlakuan diberi simbul (K) terdiri terdiri dari tiga aras yaitu: K_1 = Kontrol, K_2 = IAA, K_3 = IBA, K_4 = NAA, K_5 = Urine sapi.

Perlakuan tersebut termasuk perlakuan kualitatif. Dan masing-masing perlakuan diulang 6 kali sehingga diperlukan 5 x 6 = 30 petak atau plot percobaan. Penelitian ini hanya mengamati jumlah anakan.

Tahap 1 : Penyusunan data dari lapangan

Tabel 6.15. Data Pengamatan Jumlah Anakan

Perlakuan	Ulangan 1	2	3	4	5	6	Jumlah perlk.	Rerata perlk.
K_1	5	7	6	(-)	7	6	31	6,5
K_2	8	10	9	10	(-)	8	45	9,0
K_3	15	14	10	13	14	15	81	13,5
K_4	18	17	15	14	17	16	97	16,2
K_5	5	(-)	8	6	7	7	33	66,0
Jumlah							287	10,63

Tanda (-): Tanaman dicabut orang.

Tahap 2 : Perhitungan faktor koreksi (FK) dan jumlah kuadrat (JK)

1. Jumlah data (Σn) = $k_{K1} + k_{K2} + k_{K3} + k_{K4} + k_{K5}$ = 5 + 5 + 6 + 6 + 5 = 27

2. Faktor koreksi (FK) = $\dfrac{(\Sigma\Sigma X_{..})^2}{\Sigma n}$

$$= \frac{(287)^2}{27}$$

$$= 3050,703$$

3. JK total (JKt) $= \sum(X_{ij})^2 - FK$

$$= (5^2 + 7^2 + ... + 7^2) - 3050,703$$

$$= 466,2962$$

4. JK perlakuan (JKP) $= \dfrac{\Sigma X_{.1}^2}{k_{K1}} + \dfrac{\Sigma X_{.2}^2}{k_{K2}} + ... + \dfrac{\Sigma X_{.5}^2}{k_{Kn}} - FK$

$$= \frac{31^2}{5} + \frac{45^2}{5} + ... + \frac{33^2}{5} - 3050,703$$

$$= 7045,459$$

5. JK galat (JKG) = JKt - JKP
= 466,2962 - 425,9629
= 40,3333

Tahap 3 : Perhitungan derajad bebas (DB)

1. DB total (DBt) = $(k_{K1}+k_{K2}+k_{K3}+k_{K4}+k_{K5})$ - 1 = 27 - 1 = 26
2. DB perlakuan (DBP) = K - 1 = 5 - 1 = 4
3. DB galat(DBG) = DBt - DBP = 26 - 4 = 22

Tahap 4 : Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT perlakuan (KTP) $= \frac{\text{JKP}}{\text{DBP}} = \frac{425,9629}{4}$ = 106,4907
2. KT galat (KTG) $= \frac{\text{JKG}}{\text{DBG}} = \frac{40,3333}{22}$ = 1,8333

Tahap 5 : Perhitungan F hitung

F hitung perlakuan $= \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} = \frac{106,4907}{1,8333}$ = 58,0858

Tahap 6 : Penyusunan dari perhitungan di atas ke tabel analisis ragam

Tabel 6.16. Analisis Ragam RAL Ulangan Tidak Sama

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	4	425,9629	106,4907	58,085*	2,82
Galat	22	40,3333	1,8333		
Jumlah	26	466,2962			

Keterangan: * = Berpengaruh nyata (F hitung > F tabel)

Kesimpulan:

F hitung (58,085) > F tabel (2,82), berarti ada beda nyata antar perlakuan.

Koefisien keragaman (KK):

$$= \frac{\sqrt{\mathrm{KTG}}}{\dot{\mathrm{X}}} \times 100\% = \frac{\sqrt{1,8333}}{10,63} \times 100\% = 12,73\%$$

Hal ini menunjukkan bahwa keragaman yang ditimbulkan oleh Galat (faktor kesalahan) sebesar 12,73%

Tahap 7 : Pengujian terhadap perlakuan yang berbeda nyata

Uji lanjut yang digunakan yaitu uji beda nyata terkecil (BNT) pada jenjang nyata 5% karena ulangan tidak sama.

Perbandingan antar perlakuan:

1. Antara perlakuan K_1 >< K_2

$$\text{BNT} \propto\% = \text{t tabel} \propto\% \text{ (DB galat)} \sqrt{\mathrm{KTG}\ (\frac{1}{k_{K1}} + \frac{1}{k_{K2}})}$$

$$= 2,074 \sqrt{1,8333\ (\frac{1}{5} + \frac{1}{5})}$$

$$= 1,78$$

$|K_1 - K_2| = |6,5 - 9| = 2,5 > \text{BNT } 5\% = 1,78$

Kesimpulan:

Ada beda nyata antara rata-rata perlakuan K_1 dan K_2

2. Antara perlakuan K_1 >< K_3

$$\text{BNT} \propto\% = \text{t tabel} \propto\% \text{ (DB galat)} \sqrt{\mathrm{KTG}\ (\frac{1}{k_{K1}} + \frac{1}{k_{K3}})}$$

$$= 2{,}074 \sqrt{1{,}8333\ (\tfrac{1}{5} + \tfrac{1}{6})}$$

$= 1{,}70$

$|K_1 - K_3| = |6{,}2 - 13{,}5| = 7{,}3 >$ BNT 5% = 1,70

Kesimpulan:

Ada beda nyata antara rata-rata perlakuan K_1 dan K_3

3. Antara perlakuan K_1 >< K_4

BNT $\propto$% = t tabel $\propto$% (DB galat) $\sqrt{\mathrm{KTG}\ (\frac{1}{k_{K1}} + \frac{1}{k_{K4}})}$

$$= 2{,}074 \sqrt{1{,}8333\ (\tfrac{1}{5} + \tfrac{1}{6})}$$

$= 1{,}70$

$|K_1 - K_4| = |6{,}2 - 16{,}16| = 9{,}04 >$ BNT 5% = 1,70

Kesimpulan:

Ada beda nyata antara rata-rata perlakuan K_1 dan K_4

4. Antara perlakuan K_1 >< K_5

BNT $\propto$% = t tabel $\propto$% (DB galat) $\sqrt{\mathrm{KTG}\ (\frac{1}{k_{K1}} + \frac{1}{k_{K5}})}$

$$= 2{,}074 \sqrt{1{,}8333\ (\tfrac{1}{5} + \tfrac{1}{5})}$$

$= 1{,}78$

$|K_1 - K_5| = |6{,}2 - 6{,}6| = 0{,}4 <$ BNT 5% = 1.78

Kesimpulan:

Tidak ada beda nyata antara rata-rata perlakuan K_1 dan K_5

5. Antara perlakuan K_2 >< K_3

BNT $\propto$% = t tabel $\propto$% (DB galat) $\sqrt{\mathrm{KTG}\ (\frac{1}{k_{K2}} + \frac{1}{k_{K3}})}$

$= 2{,}074 \sqrt{1{,}8333 \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{6}\right)}$

$= 1{,}70$

$|K_2 - K_3| = |9 - 13{,}5| = 4{,}5 > \text{BNT } 5\% = 1{,}70$

Kesimpulan:

Ada beda nyata antara rata-rata perlakuan K_2 dan K_3

6. Antara perlakuan K_2 >< K_4

BNT $\propto$% = t tabel $\propto$% (DB galat) $\sqrt{\text{KTG} \left(\frac{1}{k_{K2}} + \frac{1}{k_{K4}}\right)}$

$= 2{,}074 \sqrt{1{,}8333 \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{6}\right)}$

$= 1{,}70$

$|K_2 - K_4| = |9 - 16{,}16| = 7{,}16 > \text{BNT } 5\% = 1{,}70$

Kesimpulan:

Ada beda nyata antara rata-rata perlakuan K_2 dan K_4

7. Antara perlakuan K_2 >< K_5

BNT $\propto$% = t tabel $\propto$% (DB galat) $\sqrt{\text{KTG} \left(\frac{1}{k_{K2}} + \frac{1}{k_{K5}}\right)}$

$= 2{,}074 \sqrt{1{,}8333 \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{5}\right)}$

$= 1{,}78$

$|K_2 - K_5| = |9 - 6{,}6| = 2{,}4 > \text{BNT } 5\% = 1{,}78$

Kesimpulan:

Ada beda nyata antara rata-rata perlakuan K_2 dan K_5

8. Antara perlakuan K_3 >< K_4

BNT $\propto$% = t tabel $\propto$% (DB galat) $\sqrt{\text{KTG} \left(\frac{1}{k_{K3}} + \frac{1}{k_{K4}}\right)}$

$= 2{,}074 \sqrt{1{,}8333\ (\frac{1}{6} + \frac{1}{6})}$

$= 1{,}62$

$|K_3 - K_4| = |13{,}5 - 16{,}16| = 2{,}66 >$ BNT 5% = 1,62

Kesimpulan:

Ada beda nyata antara rata-rata perlakuan K_3 dan K_4

9. Antara perlakuan K_3 >< K_5

BNT $\propto$% = t tabel $\propto$% (DB galat) $\sqrt{\mathrm{KTG}\ (\frac{1}{k_{K3}} + \frac{1}{k_{K5}})}$

$= 2{,}074 \sqrt{1{,}8333\ (\frac{1}{6} + \frac{1}{5})}$

$= 1{,}70$

$|K_3 - K_5| = |13{,}5 - 6{,}6| = 6{,}9 >$ BNT 5% = 1,70

Kesimpulan:

Ada beda nyata antara rata-rata perlakuan K_3 dan K_5

10. Antara perlakuan K_4 >< K_5

BNT $\propto$% = t tabel $\propto$% (DB galat) $\sqrt{\mathrm{KTG}\ (\frac{1}{k_{K4}} + \frac{1}{k_{K5}})}$

$= 2{,}074 \sqrt{1{,}8333\ (\frac{1}{6} + \frac{1}{5})}$

$= 1{,}70$

$|K_4 - K_5| = |16{,}16 - 6{,}6| = 9{,}56 >$ BNT 5% = 1,70

Kesimpulan:

Ada beda nyata antara rata-rata perlakuan K_4 dan K_5

Berdasarkan hasil uji beda nyata terkecil di atas, maka dapat dibuat ringkasan hasil sebagai berikut.

Tabel 6.17. Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh terhadap Jumlah Anakan

Perlakuan	Rerata	Notasi
K_1	6,2	d
K_2	9,0	c
K_3	13,5	b
K_4	16,16	a
K_5	6,6	d

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf sama pada kolom menunjukkan tidak ada beda nyata antar perlakuan berdasarkan uji beda nyata terkecil (BNT) pada jenjang nyata 5%.

Berdasarkan Tabel 6.17 tersebut di atas menunjukkan bahwa antar perlakuan K_4 berbeda nyata dengan perlakuan yang lain dan menghasilkan jumlah anakan paling besar, kemudian menurun pada K_3 dan K_2. Jumlah anakan terendah dihasilkan oleh perlakuan K_1 dan K_5.

6.6.4. Teladan 4: RAL 5 Perlakuan Ulangan Tidak Sama (Model 2)

Suatu percobaan dengan perlakuan zat pengatur tumbuh (ZPT) terhadap persen daya tumbuh biji coklat dengan menggunakan rancangan RAL. Data hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 6.18. Ujilah pada α = 5%, apakah ada beda nyata antar pengaruh ZPT.

Tabel 6.18. Pengaruh ZPT terhadap % Daya Tumbuh Biji Coklat (%)

ZPT (i)	Daya tumbuh Y_i	Ulangan n_i	Varians s^2_i
A	30,1	10	54,3
B	28,4	8	14,2
C	21,5	10	68,4
D	19,3	10	65,8
E	15,8	8	10,6
F	12,3	8	55,0
Jumlah	127,4	54	
Rerata	21,2		

Tahap 1. Perhitungan jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

Perlakuan ZPT A	: $n_A (Y_A - \bar{Y})^2$	= 10 (30,1 – 21,2)²	= 786,18
Perlakuan ZPT B	: $n_B (Y_B - \bar{Y})^2$	= 8 (28,4 – 21,2)²	= 410,89
Perlakuan ZPT C	: $n_C (Y_C - \bar{Y})^2$	= 10 (21,5 – 21,2)²	= 0,71
Perlakuan ZPT D	: $n_D (Y_D - \bar{Y})^2$	= 10 (19,3 – 21,2)²	= 37,38
Perlakuan ZPT E	: $n_E (Y_E - \bar{Y})^2$	= 8 (15,8 – 21,2)²	= 236,17
Perlakuan ZPT F	: $n_F (Y_F - \bar{Y})^2$	= 8 (12,3 – 21,2)²	= 638,44
			Jumlah JKP = 2109,76

Tahap 2. Perhitungan jumlah kuadrat galat (JKG)

Perlakuan ZPT A	: $(n_A - 1)\, S_A^2$	= (10-1) (54,3)	= 786,18
Perlakuan ZPT B	: $(n_B - 1)\, S_B^2$	= (8-1) (14,2)	= 410,89
Perlakuan ZPT C	: $(n_C - 1)\, S_C^2$	= (10-1) (68,4)	= 0,71
Perlakuan ZPT D	: $(n_D - 1)\, S_D^2$	= (10-1) (65,8)	= 37,38
Perlakuan ZPT E	: $(n_E - 1)\, S_E^2$	= (8-1) (10,6)	= 236,17
Perlakuan ZPT F	: $(n_F - 1)\, S_F^2$	= (8-1) (55,0)	= 638,44
			Jumlah JKG = 2255,10

Tahap 3. Penyusunan kembali perhitungan di atas ke tabel analisis ragam

Tabel 6.19. Analisis Ragam RAL Ulangan Tidak Sama

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	5	2109,76	421,952	8,9812*	2,418
Galat	48	2255,10	46,981		
Jumlah	53	4364,86			

Kesimpulan:

F hitung > F tabal, maka ada beda nyata antar perlakuan ZPT terhadap daya tumbuh biji coklat

BAB 7
RANCANGAN TERSARANG

Pada beberapa percobaan sering pengamatan tidak dilakukan terhadap *experiment unit*, tetapi hanya terhadap beberapa individu dalam *experimental unit* yang diambil secara acak. Pengamatan demikian dilakukan pada sub sampel atau *sampling unit*.

7.1. Struktur Data Rancangan Tersarang

Model matematik dari rancangan tersarang:

$$X_{ijk} = \dot{X} + t_i + p_j(i) + T_k(ij)$$

Keterangan:

X_{ijk} = Data pengamatan tanaman ke-k, pot ke-j dan perlakuan ke-i
$\dot{X}$ = Rata-rata sesungguhnya
t_i = Pengaruh perlakuan ke-i
$P_j(i)$ = Pengaruh pot ke-j dalam perlakuan ke-i
$T_k(ij)$ = Pengaruh tanaman ke-k dalam pot ke-j dalam perlakuan ke-i

Kalau dilihat cara meletakan pot secara acak tak ada hubungan antara pot-pot nomor 1 dari perlakuan 1, 2, dan ... n, ini berarti bahwa nomor pot tidak mengadakan interaksi dengan perlakuan, dan sering disebut nomor pot tersebut *nested* dalam perlakuan. Begitu juga halnya nomor tanaman tidak mengadakan interaksi dengan nomor pot, jadi nomor tanaman disebut nested dalam nomor pot. Susunan demikian sumber variasinya yaitu: perlakuan, nomor pot dalam perlakuan dan nomor tanaman dalam nomor pot dalam perlakuan.

Tabel 7.1. Struktur Data Rancangan Tersarang (*Nested Design*)

Nomor	Perlakuan 1			Perlakuan 2			....			Perlakuan n		
Tanaman	No.pot			No.pot			No.pot			No.pot		
(ulangan)	1	2	... l	1	2	... k	1	2	... l	1	2	... l
1	X_{111}	X_{121}	X_{1k1}	X_{211}	X_{221}	X_{2k1}		....		X_{n11}	X_{n21}	X_{nk1}
2	X_{112}	X_{122}	X_{1k2}	X_{212}	X_{222}	X_{2k2}		....		X_{n12}	X_{n22}	X_{nk2}
.								X_{ijk}				
K	X_{11r}	X_{12r}	X_{1kr}	X_{21r}	X_{22r}	X_{2kr}		....		X_{n1r}	X_{n2r}	X_{nkr}
Jumlah												

Keterangan:

X_{ijk} = Pengamatan tanaman ke-k, pada pot ke-j dan perlakuan ke-i

7.2. Pemecahan Jumlah Kuadrat (JK) dalam rancangan tersarang

1. Faktor koreksi (FK) = $\dfrac{(\Sigma X_{...})^2}{\text{Perlakuan x pot x ulangan}}$

$$= \frac{(GT)^2}{T \times p \times k}$$

2. JK perlakuan (JKP) = $\dfrac{\Sigma(X_{i..})^2}{p \times k} - \dfrac{(GT)^2}{T \times p \times k}$

3. JK pot/perlakuan (JKPt) = $\dfrac{\Sigma(T_{ij.})^2}{k} - \dfrac{\Sigma(X_{i..})^2}{p \times k}$

4. JK tanaman/pot/perlakuan (JKG) = $\Sigma\Sigma(T_{ijk})^2 - \dfrac{\Sigma(T_{ij.})^2}{k}$

7.3. Analisis Ragam dalam Rancangan Tersarang

Tabel 7.2. Analisis Ragam dalam Rancangan Tersarang

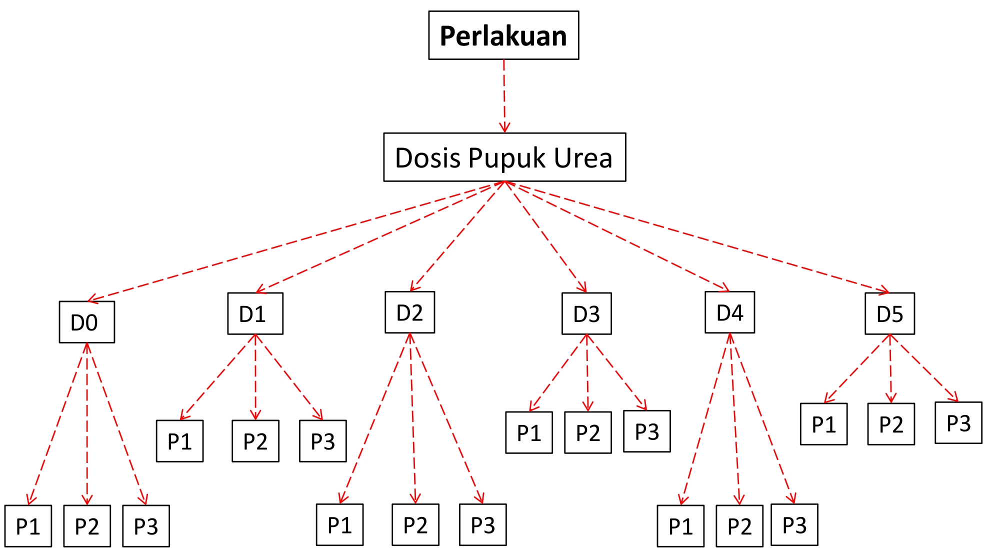
Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F hitung
Perlakuan	T-1	JKP	$\frac{\text{JKP}}{\text{T}-1}$	$\frac{\text{KTP}}{\text{KT pot/perl}}$
Pot/perlakuan (*Exp. error*)	T(p-1)	JK pot/perl.	$\frac{\text{JK pot/perl}}{\text{T(p}-1)}$	$\frac{\text{KT pot/perl}}{\text{KT tan/pot/perl}}$
Tan/pot/perl. (*Sampling error*)	T x p (k-1)	JK tan/pot/perl	$\frac{\text{JK tan/pot/perl}}{\text{T x p (k}-1)}$	
Jumlah	T x p x k-1			

Berdasarkan Tabel 7.2 analisis ragam di atas, maka F hitung untuk perlakuan = $\frac{\text{Varians perlakuan}}{\text{Varians experimental } error}$ dan untuk F hitung antar pot dalam perlakuan yaitu = $\frac{\text{Varians pot/perlakuan}}{\text{Varians sampling } error}$

7.4. Teladan

7.3.1. Teladan 1: Rancangan tersarang, 2 faktor ulangan Sama

Misalnya suatu percobaan pot yang terdiri dari 6 perlakuan dosis pupuk urea: 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1 dan 1,25 kwintal per hektar dengan tanaman padi dalam pot sebagai experimental unit dengan 3 ulangan (3 pot tiap perlakuan). Tiap pot terdiri dari 4 tanaman, dimana pengamatan dilakukan terhadap tinggi tanaman pada umur 1,5 bulan tiap tanaman dalam pot.



Keterangan:
D = Dosis pupuk yang terdiri dari 6 aras
P = Pot yang terdiri 3 pot perlakuan dan tiap pot terdiri dari 4 tanaman

Tahap 1. Memasukan data dari lapangan ke tabel sebagai berikut.

Tabel 7.3. Data Pengamatan Tinggi Tanaman

Nomor Tan. (Ulangan)	0 kw			0,25 kw			0,50 kw			0,75 kw			1,00 kw			1,25 kw		
	No.Pot			No.Pot			No.Pot			No.Pot			No.Pot			No.Pot		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	3,5	4,5	3,0	5,0	3,5	4,5	5,0	5,5	5,5	8,5	6,5	7,0	6,0	6,0	6,5	7,0	6,0	11,0
2	4,0	4,5	3,0	5,5	3,5	4,0	4,5	6,0	4,5	6,0	7,0	7,0	5,5	8,5	6,5	9,0	7,0	7,0
3	3,0	5,5	2,5	4,0	3,0	4,0	5,0	5,0	6,5	9,0	8,0	7,0	3,5	4,5	8,5	8,5	7,0	9,0
4	4,5	5,0	3,0	3,5	4,0	5,0	4,5	5,0	5,5	8,5	6,5	7,0	7,0	7,5	8,5	8,5	7,0	8,0
Jumlah pot (T_{ij})	15,0	17,5	11,5	18,0	14,0	11,5	19,0	21,5	22,0	32,0	28,0	28,0	26,5	22,0	33,0	29,0	35,0	27,0
Jumlah Perlk ($T_{i\cdot}$)	40,0			49,5			62,5			88,0			77,5			95,0		

Keterangan:

T = perlakuan, p = pot, k = ulangan (nomor tanaman)

Jadi kalau contoh data di atas dianalisis akan menjadi sebagai berikut.

Tahap 2. Perhitungan jumlah kuadrat (JK)

5. JK perlakuan (JKP) $= \dfrac{\Sigma(T_{i..})^2}{p \times k} - \dfrac{(GT)^2}{T \times p \times k}$

$$= \frac{40^2 + 49{,}5^2 + \cdots + 95^2}{3 \times 4} - \frac{(416{,}5)^2}{72}$$

$= 2588{,}98 - 2409{,}34$

$= 179{,}64$

6. JK pot/perlakuan (JKPt) $= \dfrac{\Sigma(T_{ij.})^2}{k} - \dfrac{\Sigma(Ti..)^2}{p \times k}$

(*Exp. error*) $= \dfrac{15^2 + 17{,}5^2 + \ldots + 27{,}0^2}{4} - 2588{,}98$

$$= \frac{10459,25}{4} - 2588,98$$

$= 2614,81 - 2588,98$

$= 25,83$

7. JK tanaman/pot/perlakuan (JKG) = $\Sigma(T_{ijk})^2 - \frac{\Sigma(T_{ij.})^2}{k}$

   (*Sampling error*) $= 3,5^2 + 4,0^2 + ... + 8,0^2 - 2614,81$

   $= 2665,25 – 2614,81$

   $= 50,44$

Tahap 3. Perhitungan derajad bebas (DB)

1. DB perlakuan (DBP) = T - 1 = 6 - 1 = 5
2. DB pot/perlakuan (DBPt) = T(p – 1) = 6 (3 - 1) = 12
3. DB tanaman/pot/perlakuan (DBG) = T x p (k - 1) = 6 x 3 (4 - 1) = 54

Tahap 4. Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT perlakuan (KTP) $= \frac{JKP}{DBP} = \frac{179,64}{5} = 35,9$
2. KT pot/perlakuan (KTPt) $= \frac{JKPt}{DBPt} = \frac{25,83}{12} = 2,15$
3. KT tanaman/pot/perlakuan (KTG) $= \frac{JKG}{DBG} = \frac{50,44}{54} = 0,93$

Tahap 5. Perhitungan F hitung

1. F hitung perlakuan $= \dfrac{\text{KTP}}{\text{KTPt}} = \dfrac{35{,}93}{2{,}15} = 16{,}7$

2. F hitung pot/perlakuan $= \dfrac{\text{KTPt}}{\text{KTG}} = \dfrac{2{,}15}{0{,}93} = 2{,}3$

Tahap 6. Memasukan hasil perhitungan ke tabel analisis ragam

Tabel 7.4. Analisis Ragam Rancangan Tersarang

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	6-1=5	179,64	35,93	$\dfrac{35{,}93}{2{,}15}$ = 16,7*	3,11
Pot/perlakuan (*Exp. error*)	6 (3-1)=12	25,83	2,15	$\dfrac{2{,}15}{0{,}93}$ = 2,3*	1,92
Tan./pot/perlk. (*Sampling error*)	6 x 3 (4-1) = 54	50,44	0,93		
Jumlah	6 x 3 x 4-1=71				

Keterangan: * = Berbeda nyata

Kesimpulan:

- F hitung perlakuan > F tabel 5%, maka ada beda nyata di antara rata-rata perlakuan.
- F hitung pot/perlakuan > F tabel 5%, maka ada beda nyata di antara rata-rata pot/perlakuan.

Standard error rata-rata perlakuan:

$$S_x = \sqrt{\frac{2{,}15}{12}} = 0{,}42$$

Standard error perbedaan antara rata-rata perlakuan:

$$S_x = \sqrt{2\ \frac{2{,}15}{12}} = 0{,}6$$

Koefisien keragaman (KK):

1. Perlakuan $= \dfrac{\sqrt{\text{KTPt}}}{\dot{\text{X}}} = \dfrac{\sqrt{2{,}15}}{5{,}78}$ x 100% = 25,3%
2. Pot/perlakuan $= \dfrac{\sqrt{\text{KTG}}}{\dot{\text{X}}} = \dfrac{\sqrt{0{,}93}}{5{,}78}$ x 100% = 16,1%

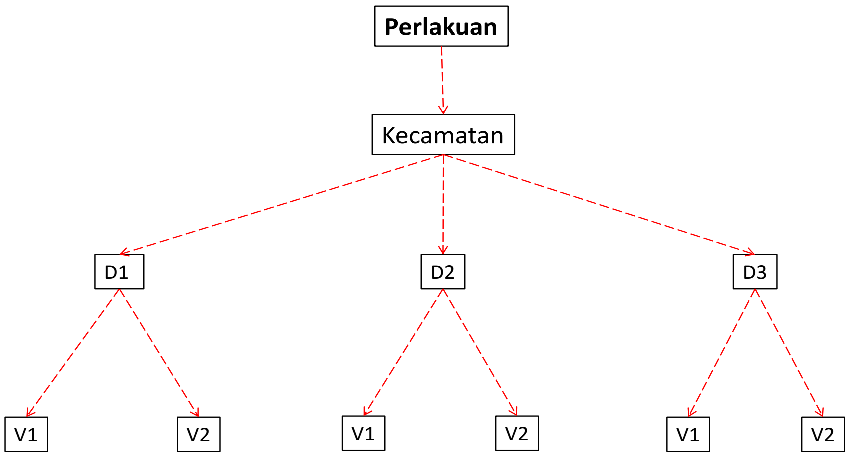
Untuk mengetahui antar perlakuan mana yang berbeda nyata dapat dilakuan uji lanjut dengan BNT atau UJBD.

7.3.2. Teladan 2: Rancangan tersarang 2 faktor ulangan tidak sama

Suatu penelitian terhadap 2 varietas bibit kakao yaitu Varietas V_1 dan V_2, yang di tanam di tiga desa yaitu desa D_1, D_2 dan D_3.

Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan bibit yaitu jumlah daun. Dari masing-masing varietas dalam desa, sampel yang diambil tidak sama besarnya.

Adapaun data hasil pengamatan terhadap jumlah daun, disajikan pada Tabel 7.5 berikut.



Keterangan:
D = Desa, yang terdiri dari 3 desa
V = Varietas, yang terdiri dari 2 varietas

Tahap 1. Memasukan data dari lapangan ke tabel sebagai berikut

Tabel 7.5. Data pengamatan Jumlah Daun Bibit Kakao

Sampel	D_1		D_2		D_3		Jumlah
	V_1	V_2	V_1	V_2	V_1	V_2	
1	3	3	4	6	6	8	
2	3	4	5	5	6	7	
3	3	3	4	6	7	8	
4	3	3	5		6	7	
5		4	4				
6		4	4				
Sampel (nV)	4	6	6	3	4	4	
Sampel (nD)	10		9		8		Σn = 27
Varietas (V)	12	21	26	17	25	30	
Desa (D)	33		43		55		GT = 131

Faktor koreksi (FK) $= \dfrac{GT^2}{\Sigma n} = \dfrac{\Sigma total^2}{\Sigma\ sampel} = \dfrac{131^2}{27} = 635{,}5925$

Tahap 2. Perhitungan jumlah kuadrat (JK)

1. JK desa (JKD) $= \dfrac{\Sigma D_1^2}{\Sigma n_{D1}} + \dfrac{\Sigma D_2^2}{\Sigma n_{D2}} + \dfrac{\Sigma D_3^2}{\Sigma n_{D3}} - FK$

$= \dfrac{33^2}{10} + \dfrac{43^2}{9} + \dfrac{55^2}{8} - 635{,}5925$

$= 692{,}4694 - 635{,}5925$

$= 56{,}8768$

2. JK varietas/desa (JKV) $= \dfrac{\Sigma V_1 D_1{}^2}{\Sigma n_{V1D1}} + \dfrac{\Sigma V_2 D_2{}^2}{\Sigma n_{V2D2}} + \dfrac{\Sigma V_3 D_3{}^2}{\Sigma n_{V3D3}} - 692{,}4694$

$= \dfrac{12^2}{4} + \dfrac{21^2}{6} + \dfrac{30^2}{4} - 692{,}4694$

$= 699{,}75 - 692{,}4694$

$= 7{,}2805$

3. JK tanaman/varietas/desa (JKT) : $= X_1^2 + X_2^2 + \ldots + X_n^2 - 699{,}75$

$= 3^2 + 3^2 + \ldots + 7^2 - 699{,}75$

$= 705 - 699{,}75$

$= 5{,}25$

Tahap 3. Perhitungan derajad bebas (DB)

1. DB desa (DBD) $= D - 1 = 3 - 1 = 2$
2. DB varietas/desa (DBV) $= D(V-1) = 3\,(2-1) = 3$
3. DB total (DBt) $= n - 1 = 27 - 1 = 26$

4. DB tanaman/varietas/desa (DBG) = DBt- DBD – DBV = 26 - 2 – 3 = 21

Tahap 4. Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT desa (KTD) $= \frac{\text{JKD}}{\text{DBD}} = \frac{56{,}8768}{2}$ = 28,4384

2. KT varietas/desa (KTV) $= \frac{\text{JKV}}{\text{DBV}} = \frac{7{,}2805}{3}$ = 2,4268

3. KT tan./varietas/desa (KTT) $= \frac{\text{JKT}}{\text{DBT}} = \frac{5{,}25}{21}$ = 0,2500

Tahap 5. Perhitungan F hitung

1. F hitung desa $= \frac{\text{KTD}}{\text{KTV}} = \frac{28{,}4384}{2{,}4268}$ = 11,718

2. F hitung varietas/desa $= \frac{\text{KTV}}{\text{KTT}} = \frac{2{,}4268}{0{,}25}$ = 9,707

Tahap 6. Memasukan hasil perhitungan ke tabel analisis ragam

Tabel 7.6. Analisis Ragam Rancangan Tersarang

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel 5%
Desa	2	56,8768	28,4384	11,718 *	9,55
Varietas/desa	3	7,2805	2,4268	9,707 *	3,07
Tanaman/varietas/desa	21	5,2500	0,25		
Jumlah	26				

Keterangan: * = Berbeda nyata

Kesimpulan:

- F hitung Desa > F tabel 5%, maka minimal salah ada beda nyata antar rata-rata desa.
- F hitung varietas/desa > F tabel 5%, maka minimal salah ada beda nyata antar rata-rata varietas dalam satu desa

Koefisien keragaman (KK):

1. Desa (D) $= \frac{\sqrt{\text{KTD}}}{\dot{\text{X}}}$ x 100% $= \frac{\sqrt{2{,}4268}}{4{,}85}$ x 100% = 30,108%

2. Varietas/desa (V) = $\frac{\sqrt{\text{KTV}}}{\dot{\text{X}}}$ x 100% $= \frac{\sqrt{0{,}25}}{4{,}85}$ x 100% = 10,305%

Jumlah ulangan atau sampel masing-masing perlakuan tidak sama, maka uji yang tepat untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan adalah uji beda nyata terkecil (BNT).

Tahap 7. Uji perbedaan antar rerata perlakuan

Uji perbedaan rerata jumlah daun antar desa (D):

Rerata jumlah daun masing-masing desa

D1	D2	D3
3,3	4,78	6,87

1. Nilai BNT 5% antar perbedaan D_1 dan D_2 yaitu:

$$\text{BNT} \propto\% = \text{t tabel} \propto\% \text{ DB (3)} \sqrt{\text{KTG} \left(\frac{1}{k_{D1}} + \frac{1}{k_{D2}}\right)}$$

$$= 3{,}182 \sqrt{2{,}4268 \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{9}\right)}$$

$$= 2{,}277$$

$|D_1 - D_2| = |3,3 - 4,777| = 1,477 < \text{BNT } 5\% = 2,277$

Kesimpulan :
Tidak ada beda nyata antar rerata jumlah daun pada D_1 & D_2

2. Nilai BNT 5% antar perbedaan D_1 dan D_3 yaitu:

   $$\text{BNT } \propto\% = \text{t tabel } \propto\% \text{ DB (3)} \sqrt{\text{KTG } (\frac{1}{k_{D1}} + \frac{1}{k_{D3}})}$$
   $$= 3,182 \sqrt{2,4268\ (\frac{1}{10} + \frac{1}{8})}$$
   $$= 2,351$$

   $|D_1 - D_3| = |3,3 - 6,87| = 3,57 > \text{BNT } 5\% = 2,277$

   Kesimpulan:
   Karena 3,57 > 2,351, maka ada beda nyata antar rata-rata jumlah daun pada D_1 & D_3

3. Nilai BNT 5% antar perbedaan D_2 dan D_3 yaitu:

   $$\text{BNT } \propto\% = \text{t tabel } \propto\% \text{ DB (3)} \sqrt{\text{KTG } (\frac{1}{k_{D2}} + \frac{1}{k_{D3}})}$$
   $$= 3,182 \sqrt{2,4268\ (\frac{1}{9} + \frac{1}{8})}$$
   $$= 2,408$$

   $|D_1 - D_3| = |4,777 - 6,87| = 2,097 < \text{BNT } 5\% = 2,277$

   Kesimpulan:
   Karena 2,097 < 2,408, maka tidak ada beda nyata antar rata-rata jumlah daun pada D_2 & D_3

Uji perbedaan jumlah daun antar varietas pada masing-masing desa:

1. Pada desa D_1:

   Rerata perlakuan V pada D_1

V_1	V_2
3,0	3,5

   Nilai BNT 5% antar perbedaan V_1 dan V_2 yaitu:

   $$\text{BNT} \propto\% = \text{t tabel} \propto\% \text{ DB (21)} \sqrt{\text{KTG} \left(\frac{1}{k_{V_1}} + \frac{1}{k_{V_2}}\right)}$$

   $$= 2{,}080 \sqrt{0{,}25 \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6}\right)}$$

   $$= 0{,}671$$

   $|V_1 - V_2| = |3{,}0 - 3{,}5| = 0{,}5 < \text{BNT } 5\% = 0{,}671$

   Kesimpulan:

   Karena 0,5 < 0,671, maka tidak ada beda nyata antar rata-rata jumlah daun pada V_1 & V_2 pada D_1

2. Pada desa D_2 :

   Rerata perlakuan V pada D_2

V_1	V_2
4,33	5,66

   $$\text{BNT} \propto\% = \text{t tabel} \propto\% \text{ DB (21)} \sqrt{\text{KTG} \left(\frac{1}{k_{V_1}} + \frac{1}{k_{V_2}}\right)}$$

   $$= 2{,}080 \sqrt{0{,}25 \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{3}\right)}$$

   $$= 0{,}735$$

   $|V_1 - V_2| = |4{,}33 - 5{,}66| = 1{,}33 > \text{BNT } 5\% = 0{,}735$

Kesimpulan:
Karena 1,33 > 0,735, maka ada beda nyata antar rata-rata jumlah daun pada V_1 & V_2 pada D_2

3. Pada desa D_3 :
   Rerata perlakuan V pada D_3

V_1	V_2
6,25	7,50

   $$\text{BNT } \propto\% = \text{t tabel } \propto\% \text{ DB } (21) \sqrt{\text{KTG } \left(\frac{1}{k_{V1}} + \frac{1}{k_{V2}}\right)}$$

   $$= 2{,}080 \sqrt{0{,}25 \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{4}\right)}$$
   $$= 0{,}735$$

   $$|V_1 - V_2| = |6{,}25 - 7{,}50| = 1{,}25 > \text{BNT } 5\% = 0{,}735$$

   Kesimpulan:
   Karena 1,25 > 0,735, maka ada beda nyata antar rata-rata jumlah daun pada V_1 & V_2 pada D_3

Berdasarkan uji BNT, maka rerata jumlah daun dapat disajikan pada Tabel 7.7 berikut.

Tabel 7.7. Rerata Jumlah Daun Pengaruh Desa dan Varietas

Parameter	Desa D_1		Desa D_2		Desa D_3	
	Var. V_1	Var. V_2	Var. V_1	Var. V_2	Var. V_1	Var. V_2
Antar V pada D	3,00 a	3,50 a	4,33 b	5,66 a	6,25 b	7,50 a
Antar D	3,33 q		4,77 pq		6,87 p	

Keterangan: Rerata dalam baris yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak beda nyata antar perlakuan berdasarkan uji beda nyata terkecil pada jenjang nyata 5%.

Berdasarkan Tabel 7.7 menunjukkan bahwa jumlah daun antar varietas tidak berbeda nyata pada desa D_1. Varietas V_2 menghasilkan jumlah daun lebih banyak dibandingkan varietas V_1 baik pada desa D_1 maupun desa D_2. Jumlah daun tertinggi dihasilkan oleh desa D_3 dan berbeda nyata dengan desa D_1. Jumlah daun pada desa D_3 tidak berbeda nyata dengan desa D_2. Demikian juga, jumlah daun yang dihasilkan pada desa D_2 dan desa D_1 tidak beda nyata.

BAB 8
RANCANGAN ACAK LENGKAP KELOMPOK (RALK)

8.1. Persyaratan RALK

Pada rancangan RALK, anggota pengamatan diklasifikasikan dalam dua kriteria yaitu: perlakuan dan blok. Apabila percobaan akan dilakukan di lapangan tetapi kesuburan tanah tidak seragam (cenderung menjurus pada suatu arah), maka tempat percobaan harus dibagi menjadi blok-blok yang kesuburannya dalam satu blok harus seragam. Pengacakan perlakuan dilakukan pada setiap blok. Pengacakan dilakukan sebanyak jumlah blok yang digunakan.

Setiap perlakuan hanya boleh muncul 1 kali pada setiap blok. Banyaknya ulangan sama dengan blok. Dan blok merupakan suatu kriteria klasifikasi, maka banyak blok untuk setiap perlakuan harus sama.

Rancangan RALK lebih baik daripada RAL, karena kesempatan suatu perlakuan tertentu terletak hanya pada bagian tanah yang kurus atau subur. Kesuburan atau faktor iklim mempunyai sifat yang sama dalam satu blok.

Banyak orang salah tafsir atau persepsi bahwa apabila blok berbeda nyata, percobaan tidak mempunyai nilai atau sebaliknya bahwa antar blok harus ada beda nyata. Antara blok dapat terjadi ada beda nyata atau tidak. Apabila pengaruh blok beda nyata berarti presisi percobaan dapat ditingkatkan dengan menggunakan rancangan RAKL dibandingkan RAL. Dengan demikian perlu diperhatikan tentang cakupan percobaan, sebab perlakuan diuji pada kisaran kondisi yang lebih luas.

Apabila antar blok tidak beda nyata (F hitung < F tabel) berarti terjadi kegagalan dalam mengurangi varians galat dengan mengelompok-kelompokkan *experimental unit* dalam blok-blok. Kesalahan ini bisa terjadi karena kesalahan dalam menentukan arah kesuburan tanah atau memang lahan yang digunakan untuk percobaan memang sudah homogen. Jika lahan yang digunakan memang sudah homogen, maka lebih baik menggunakan RAL.

8.2. Model RALK

Model matematik RALK sebagai berikut:

$$X_{ij} = \dot{X} + T_i + B_j + e_{ij}$$

Keterangan:

X_{ij} = Pengamatan pada perlakuan ke-i yang terletak pada blok ke-j
$\dot{X}$ = Rata-rata sesunggunya
T_i = Pengaruh perlakuan ke-i
B_j = Pengaruh blok ke-j
e_{ij} = Pengarauh galat

Tabel 8.1. Struktur Data pada RALK

Blok	Perlakuan				Total	Rerata
	1	2	i	n	blok	blok
1	X_{11}	X_{21}	X_{i1}	X_{n1}	$\Sigma X_{.1}$	$\dot{X}_{.1}$
2	X_{12}	X_{22}	X_{i2}	X_{n2}	$\Sigma X_{.2}$	$\dot{X}_{.2}$
:	:	:	:	:	:	:
j	X_{1j}	X_{2j}	X_{ij}	X_{nj}	$\Sigma X_{.j}$	$\dot{X}_{.j}$
:	:	:	:	:	:	:
p	X_{1p}	X_{2p}	X_{ip}	X_{np}	$\Sigma X_{.p}$	$\dot{X}_{.p}$
Total	$\Sigma X_{1.}$	$\Sigma X_{2.}$	$\Sigma X_{i.}$	$\Sigma X_{n.}$	$\Sigma\Sigma X_{..}$ = GT	
Rerata	$\dot{X}_{1.}$	$\dot{X}_{2.}$	$\dot{X}_{i.}$	$\dot{X}_{n.}$		GM = $\dot{X}_{..}$

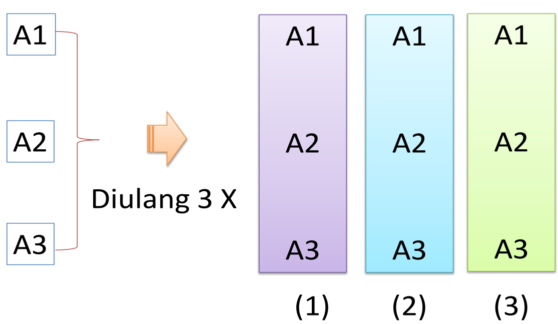
Keterangan:

k = Jumlah blok, n = Banyaknya perlakuan, X_{kn} = Data blok ke-k dan perlakun ke-n. T.n = Jumlah data pada pengamatan perlakuan ke-n, $T_{k.}$ = Jumlah data pengamatan pada blok ke-k, GT = *Grand total* (Jumlah keseluruhan data), GM = *Grand mean* (rerata dari keseluruhan data). Diketahui: $\Sigma X_{..}$ = GT dan $\dot{X}_{..}$ = GM

8.3. Randomisasi dalam RALK

Dimisalkan percobaan yang disusun dalam RALK yang terdiri dari 3 perlakuan yaitu A_1, A_2 dan A_3 dan masing-masing perlakuan diulang tiga kali (ulangan sebagai blok) sehingga dibutuhkan 3 x 3 = 9 petak perlakuan. Adapun perlakuan dan bloknya yaitu:

Perlakuan A dengan 3 level:



Keterangan:

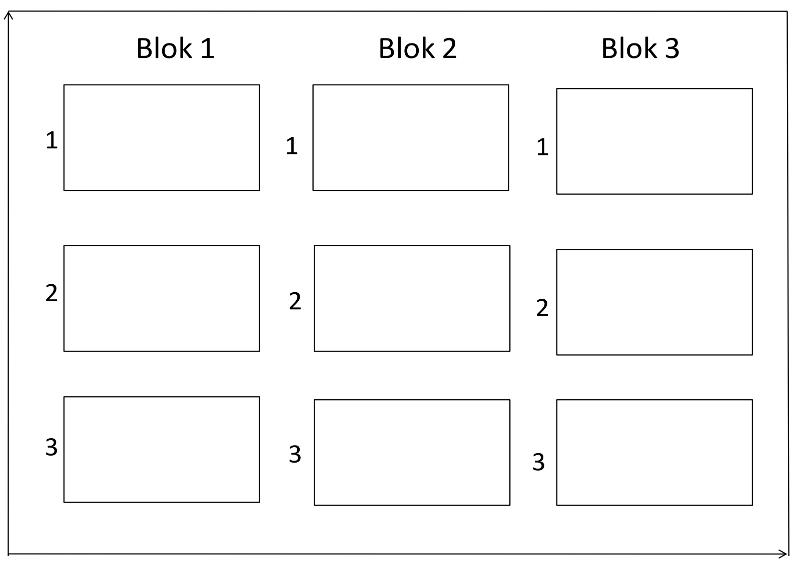
(1), (2) dan (3) = blok pertama, kedua dan ketiga

Cara pengacakan perlakuan dalam RALK yaitu:

1) Karena ada 3 perlakuan, maka disediakan 3 kertas (ukuran 2 x 3 cm) yang akan diberi tulisan perlakuan dengan ulangannya. 3 kertas tersebut masing-masing diberi tulisan: A_1, A_2 dan A_3.

2) Rancangan tata letak perlakuan dalam RALK sudah dipersiapkan lebih dahulu dengan 9 petak perlakuan yang diberi nomor urut dari 1-3 pada masing-masing blok. Pemberian nomor urut dari atas ke bawah seperti Gambar 8.1 berikut.

3) Setelah semua kertas diberi tulisan, selanjutnya dilinting satu per satu dan dimasukkan dalam kotak. Pengacakan dilakukan pada setiap blok. Kotak dikopyok dan dilakukan pengambilan 1 kertas lintingan. Setiap kertas lintingan yang sudah terambil tidak boleh dimasukan atau dikembalikan ke kotak.



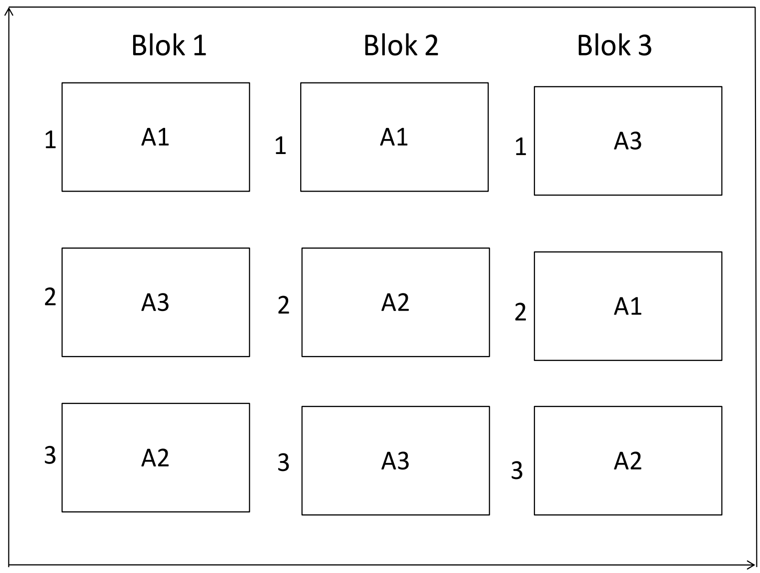
Gambar 8.1. Rancangan Tata Letak Perlakuan dalam RALK

4) Pengacakan dimulai dari blok 1.
   - Pengambilan kertas lintingan yang ke-1 ternyata A_1 yang akan menempati petak nomor 1.
   - Kotak dikopyok lagi dan dilakukan pengambilan kertas lintingan yang ke-2, terambil A_3 yang akan menempati petak nomor 2.
   - Kotak dikopyok lagi dan dilakukan pengambilan kertas lintingan yang ke-3, terambil A_2 yang akan menempati petak nomor 3.
   - Selanjutnya dilakukan pengacakan pada blok II, 3 lintingan kertas dikembalikan lagi dalam kotak dan dikopyok.

5) Pengacakan pada blok 2.
   - Pengambilan kertas lintingan yang ke-1 ternyata A_1 yang akan menempati petak nomor 1.
   - Kotak dikopyok lagi dan dilakukan pengambilan kertas lintingan yang ke-2, terambil A_2 yang akan menempati petak nomor 2.
   - Kotak dikopyok lagi dan dilakukan pengambilan kertas lintingan yang ke-3, terambil A_3 yang akan menempati petak nomor 3.
   - Selanjutnya dilakukan pengacakan pada blok 3, 3 lintingan kertas dikembalikan lagi dalam kotak dan dikopyok.

6) Pengacakan pada blok 3.
   - Pengambilan kertas lintingan yang ke-1 ternyata A_3 yang akan menempati petak nomor 1.
   - Kotak dikopyok lagi dan dilakukan pengambilan kertas lintingan yang ke-2, terambil A_1 yang akan menempati petak nomor 2.
   - Kotak dikopyok lagi dan dilakukan pengambilan kertas lintingan yang ke-3, terambil A_2 yang akan menempati petak nomor 3.

Hasil dari pengacakan dapat dilihat pada Gambar 8.2 di atas. Gambar 8.2 menunjukkan tata letak perlakuan pada percobaan di laboratorium atau lapangan secara acak.



Gambar 8.2. Tata Letak Perlakuan dalam RALK

8.4. Pemecahan jumlah kuadrat (JK) dalam RALK

1. Faktor koreksi (FK) = $\dfrac{(\Sigma\Sigma X_{..})^2}{k \times n}$

2. JK total (JKt) = $\sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{k} X_{ij} - FK$

3. JK perlakuan (JKP) = $\sum_{j=1}^{n} \dfrac{X_{.j}^2}{k} - FK = \dfrac{X_{.1}^2 + X_{.2}^2 + \ldots + X_{.n}^2}{k} - FK$

$$= n \sum_{i=1}^{n} (X_{.j} - \bar{X}_{..})^2$$

Analog dengan cara di atas, maka:

4. JK blok, dengan rumus:

$$JKB = \sum_{i=1}^{k} \frac{X_{i.}^2}{n} - FK = \frac{X_{1.}^2 + X_{2.}^2 + \ldots + X_{k.}^2}{n} - FK$$

$$= n \sum_{i=1}^{k} (X_{i.} - \bar{X}_{..})^2$$

5. JK galat (JKG) = JKt -JKP - JKB

Jika suatu percobaan terdiri dari n perlakuan dan k blok, selanjutnya digunakan RALK dan RAL, maka sumber variasi total akan sama.

Pada RALK, Jumlah kuadrat (JK) dapat dipecah menjadi JKP (Jumlah kuadrat perlakuan), JKB (Jumlah kuadrat blok) dan JKG (Jumlah Kuadrat galat), sedangkan pada RAL dapat dipecah menjadi JKP (Jumlah kuadrat perlakuan) dan JKG (jumlah kuadrat galat).

Jadi $JKG_{RAL} = JKG_{RALK} + JKB$

Jadi $JKG_{RALK} = JKG_{RAL} - JKB$

$$JKG = \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{k} (X_{ij} - \bar{X}_{.j}) - n \sum_{i=1}^{k} (X_{i.} - \bar{X})^2$$

$$= \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{k} (X_{ij} - \bar{X}_{.j}) - \sum_{i=1}^{k} (X_{i.} - \bar{X}_{..})^2$$

= Dispersi yang masih ada sesudah diambil variasi antar perlakuan dan variasi antar blok.

= Jkt - JKP - JKB

Hal ini menunjukkan bahwa JKG $_{RALK}$ dapat secara mudah dihitung sebagai berikut. Semua *variate* asal dikurangi dengan (X.j - X..), bertujuan untuk menghilangkan pengaruh perlakuan hingga X_{ij} berubah menjadi X'_{ij} yang besarnya sama dengan:

$$X'_{ij} = X_{ij} - (\bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..})$$

Untuk menghilangkan pengaruh blok semua X_{ij} dikurangi dengan $(X_{i.} - X_{..})$, hingga semua X'_{ij} berubah menjadi X''_{ij}.

$$X''_{ij} = X'_{ij} - (\bar{X}_{i.} - \bar{X}_{..}) = X_{ij} - (\bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..}) - (\bar{X}_{i.} - \bar{X}_{..})$$

Dengan *variate* berubah menjadi X''_{ij}, masih ada keragaman sisa yang disebabkan oleh galat, yang besarnya:

$$\text{JKG} = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n} (X''_{ij} - \bar{X}_{..})^2$$

$$= \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n} \{X_{ij} - (X_{.j} - \bar{X}_{..}) - (\bar{X}_{i.} - \bar{X}_{..}) - \bar{X}_{..}\}^2$$

$$= \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n} \{(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) - (\bar{X}_{i.} - \bar{X}_{..})\}^2$$

Tabel 8.2 menunjukkan analisis ragam untuk RALK yang terdiri dari n perlakuan dan k blok.

Tabel 8.2. Analisis Ragam dalam RALK

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F. Hitung	F tabel 5%
Blok	k-1	JKB	$\frac{\text{JKB}}{\text{k}-1}$	$\frac{\text{KTB}}{\text{KTG}}$	DB (k-1); (n-1)(k-1)
Perlakuan	n-1	JKP_{RALK}	$\frac{\text{JKP}}{\text{n}-1}$	$\frac{\text{KTP}}{\text{KTG}}$	DB (n-1); (n-1)(k-1)
Galat	(n-1)(k-1)	JKG_{RALK}	$\frac{\text{JKG}}{(\text{n}-1)(\text{k}-1)}$		
Jumlah	kn-1	Jkt			

Jika tidak ada beda nyata antar blok maupun antar perlakuan berarti varians perlakuan ($\sigma^2_T = 0$) dan varians blok ($\sigma^2_B = 0$).

8.5. Effisiensi RALK terhadap RAL

Efisiensi adalah perbandingan dari banyaknya informasi atau tingkat presisi yang diperoleh bila suatu percobaan digunakan RALK dan RAL.

Jadi merupakan perbandingan dari kebalikan nilai varians galat masing-masing, seperti telah ditunjukkan pada sebelumnya.

$$RE_{\text{RALK-RAL}} = I = h = \frac{\frac{1}{\text{KTG}_{\text{RALK}}}}{\frac{1}{\text{KTG}_{\text{RAL}}}} \times 100\%$$

$$= I = h = \frac{\text{KTG}_{\text{RALK}}}{\text{KTG}_{\text{RAL}}} \times 100\%$$

Keterangan:

$$h = \frac{(\gamma\,\text{RALK} + 1)(\gamma\,\text{RAL} + 3)}{(\gamma\,\text{RALK} + 3)(\gamma\,\text{RAL} + 1)}$$

γ_{RALK} = DB galat RALK

γ_{RAL} = DB galat RAL

Dan:

$$KTG_{RAL} = \frac{JKB + k(n-1)\,KTG_{RALK}}{k(n-1)}$$

Rumus di atas dapat dicari dengan membandingkan analisis ragam dari suatu percobaan yang sama, dianalisis dengan menggunakan rancangan RALK dan RAL seperti Tabel 8.3 dan 8.4 berikut.

Tabel 8.3. Analisis Ragam RALK

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel 5%
Blok	k-1	JKB	KTB		
Perlakuan	n-1	JKP_{RALK}	KTP	$\sigma^2_{RALK} + k\sigma^2_T$	
Galat	(n-1)(k-1)	JKG_{RALK}	KTG	σ^2_{RALK}	
Jumlah	kn-1	Jkt			

Tabel 8.4. Analisis Ragam RAL

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel 5%
Blok	-	-	-		
Perlakuan	n-1	JKP_{RAL}	KTP_{RAL}	$\sigma^2_{RAL} + k\sigma^2_T$	
Galat	n(k-1)	JKG_{RAL}	KTG_{RAL}	σ^2_{RAL}	
Jumlah	kn-1	Jkt			

Karena kedua percobaan tersebut hanya berbeda rancangannya, maka JKt sama meskipun JKP-nya tidak sama, sehingga:

$$JKT_{RALK} + JKB + JKG_{RALK} = JKP_{RAL} + JKG_{RAL}$$

Kalau JK ini diganti dengan perkalian dugaan E(KP) dengan DB, maka:

- RALK = Dugaan ($\sigma^2_{RALK} + k\ \sigma 2_T = KTG_{RALK} + k$ KTP dan RAL = dugaan ($\sigma^2_{RAL} + k\ \sigma 2_T = KTG_{RAL} + k$ KTP, maka:

- RALK = (n-1)(KTG_{RALK} + k KTP) + JKB + (n-1)(k-1) KTG_{RALK} sama dengan RAL = (n-1)(KTG_{RAL} + k KTP) + n(k-1) KTG_{RAL}

- Dan disederhanakan menjadi: $KTG_{RAL} = \dfrac{JKB + k(n-1)\ KTG_{RALK}}{k(n-1)}$

Jika diketahui I = 1,5 yang artinya untuk diperoleh efisiensi yang sama bila digunakan RALK hanya diperlukan 100 blok, dengan RAL diperlukan 150 blok. Kelemahan dari RALK bila dibandingkan dengan RAL apabila ada beberapa data yang hilang, percobaan tidak bisa dianalisis sebelum data yang hilang ini diduga lebih dahulu besarnya.

8.6. *Missing* Data dalam RALK

Sering dalam melakukan suatu percobaan dengan 1 (satu) pengamatan atau lebih, tidak dapat diamati karena dicuri orang, terserang hama, tanaman mati, dan sebagainya.

Dalam hal demikian untuk RAL tidak menjadi masalah, karena masih bisa dianalisis dengan "*Unequal sample sized method*".

Untuk RALK sebagai salah satu syaratnya yaitu banyak blok tiap perlakuan harus sama, maka data tidak dapat dianalisis sebelum data yang hilang diduga terlebih dahulu besarnya.

Tabel 8.5. Struktur Data RALK untuk 1 *Missing* Data

Blok	Perlakuan				Total blok	Rerata blok
	1	2	i	n		
1	X_{11}	X_{21}	X_{i1}	X_{n1}	$\Sigma X_{.1}$	$\dot{X}_{.1}$
2	X_{12}	X_{22}	X_{i2}	X_{n2}	$\Sigma X_{.2}$	$\dot{X}_{.2}$
:	:	:	:	:	:	:
j	X_{1i}	X_{2i}	X_{ij}	X_{nj}	$\Sigma X_{.j}$	$\dot{X}_{.j}$
:	:	:	:	:	:	:
p	X_{1p}	X_{2p}	X_{ip}	X_{np}	$\Sigma X_{.p}$	$\dot{X}_{.p}$
Total	$\Sigma X_{1.}$	$\Sigma X_{2.}$	$\Sigma X_{i.}$	$\Sigma X_{n.}$	$\Sigma\Sigma X_{..} = GT$	
Rerata	$\dot{X}_{1.}$	$\dot{X}_{2.}$	$\dot{X}_{i.}$	$\dot{X}_{n.}$		$GM = \dot{X}_{..}$

Misalkan: X_{nj} = *missing* → Data perlakuan ke-I dan blok ke-j hilang

Untuk dapat menduga data yang hilang ini perlu asumsi bahwa data yang hilang tersebut tidak mengandung *random sampling* galat. Misalnya data X_{nj} pada Tabel 8.5 di atas.

Total perlakuan dan total blok yang mengandung *missing data* maupun RAL total (*grand total*) - dituliskan $\Sigma X'_{.j}$; $\Sigma X'_{i.}$; $\Sigma\Sigma X'_{..}$

Jadi model matematikanya yaitu:

$X_{ij} = \dot{X}_{..} + T_{i.} + B_{.j} + e_{ij}$

X_{ij} = *Missing* data

$e_{ij} = 0$

Jadi $X_{ij} = \dot{X}_{..} + T_{i.} + B_{.j}$ → $T_{i.} = \dot{X}_{i.} - \dot{X}_{..}$ dan $b_{.j} = \dot{X}_{.j} - \dot{X}_{..}$

$= \dot{X} + (\dot{X}_{i.} - \dot{X}_{..}) + (\dot{X}_{.j} - \dot{X}_{..})$

Jumlah blok ke-i = $\Sigma X'_{.j}$ (karena hilang salah satu anggotanya)
Jumlah perlakuan ke-j = $\Sigma X'_{i.}$ (karena hilang salah satu anggotanya)
Total Jendral (GT) RAL = $\Sigma X'_{..}$ (hilang salah satu anggotanya)
T = *Treatment* atau perlakuan dan B = *block* atau blok

$$\dot{X}_{j.} = \frac{\Sigma X'_{j.} + X_{ij}}{k}$$

$$\dot{X}_{..} = \frac{\Sigma X'_{..} + X_{ij}}{k \times n}$$

$$\text{Jadi } X_{ij} = \dot{X} + \frac{n\, \Sigma X_{i.} + X_{ij}}{k} - \dot{X} + \frac{\Sigma X'_{.j} + X_{ij}}{n} - \dot{X}$$

$$= \frac{n\, \Sigma X'_{i.} + k\, \Sigma X'_{.j} - \Sigma X'_{..}}{(k-1)\,(n-1)}$$

Rumus ini hanya berlaku kalau *missing data* hanya satu, kalau data yang *missing* ada dua seperti berikut:

Tabel 8.6. Struktur Data RALK untuk 2 *Missing* Data

Blok	Perlakuan				Total blok	Rerata blok
	1	2	i	n		
1	X_{11}	X_{21}	X_{i1}	X_{n1}	$\Sigma X_{.1}$	$\dot{X}_{.1}$
2	X_{12}	X_{22}	X_{i2}	X_{n2}	$\Sigma X_{.2}$	$\dot{X}_{.2}$
:	:	:	:	:	:	:
j	X_{1i}	X_{2i}	X_{ij}	X_{nj}	$\Sigma X_{.j}$	$\dot{X}_{.j}$
:	:	:	:	:	:	:
p	X_{1p}	X_{2p}	X_{ip}	X_{np}	$\Sigma X_{.p}$	$\dot{X}_{.p}$
Total	$\Sigma X_{1.}$	$\Sigma X_{2.}$	$\Sigma X_{i.}$	$\Sigma X_{n.}$	$\Sigma\Sigma X_{..}$ = GT	
Rerata	$\dot{X}_{1.}$	$\dot{X}_{2.}$	$\dot{X}_{i.}$	$\dot{X}_{n.}$		GM = $\dot{X}_{..}$

Misalkan: X_{12} (perlakuan 1 dan blok 2) dan X_{nj} (perlakuan ke-n dan blok ke-j) terjadi *Missing* data

Rumus *missing* data di atas hanya berlaku jika data yang hilang hanya satu, jika data yang hilang lebih dari satu maka perlu dugaan sementara sebagai berikut:

$X_{12\ s\ (sementara)} = \dfrac{\Sigma X'_{1.}}{k-1}$ (rata-rata data yang ada pada perlakuan satu)

atau:

$X_{12\ s\ (sementara)} = \left(\dfrac{\Sigma X'_{1.}}{k-1} + \dfrac{\Sigma X'_{.2}}{n-1} \right) \times 1/2$

Sekarang menjadi:

$$X_{ij\ s\ (sementara)} = \frac{n\,\Sigma X'_{i.} + k\,\Sigma X'_{.j} - \Sigma X'_{..} + X_{12\ s}}{(n-1)(k-1)}$$

$$X_{12\ f\ (fixed)} = \frac{n\,\Sigma X'_{1.} + k\,\Sigma X'_{.2} - \Sigma X'_{..} + X_{ij\ s}}{(n-1)(k-1)}$$

$$X_{ij\ f\ (fixed)} = \frac{n\,\Sigma X'_{i.} + k\,\Sigma X'_{.j} - \Sigma X'_{..} + X_{12\ f}}{(n-1)(k-1)}$$

Dalam analisis ragam, ada perubahan sedikit yaitu derajad bebas (DB) total dan DB galat (berubah berkurang) sesuai dengan banyaknya data yang hilang, bertujuan untuk meningkatkan presisi.

Begitu pula pada BNT juga ada perubahan. Dalam hal ini ada 3 macam BNT:

1. Untuk membandingkan 2 rata-rata perlakuan yang keduanya tidak mengandung *missing* data, maka rumus BNT-nya tetap seperti biasa:

BNT $\propto$% = t tabel $\propto$% DB (galat) $\sqrt{\frac{2 \text{ x KTG}}{k}}$

2. Untuk membandingkan 2 rata-rata perlakuan yang salah satunya mengandung *missing* data:

   BNT $\propto$% = t tabel $\propto$% DB (galat) $\sqrt{\frac{\text{KTG}}{n}\left[2 + \frac{n}{(k-1)(n-1)}\right]}$

3. Untuk membandingkan 2 rata-rata perlakuan yang keduanya mengandung *missing* data:

   BNT $\propto$% = t tabel $\propto$% DB (galat) $\sqrt{\text{KTG}\ (\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2})}$

   k_1 & k_2 = Blok efektif untuk perlakuan 1 & 2.

Cara mencari angka blok efektif:

Untuk mencari angka blok efektif pada perlakuan 1, maka dillihat perlakuan 1 pada tiap-tiap blok dalam hubungannya dengan perlakuan 2.

1. Jika perlakuan 1 tidak ada, maka nilainya = 0
2. Jika perlakuan 1 ada, tetapi perlakuan 2 hilang, maka nilainya = 0,5
3. Jika perlakuan 1 maupun 2 ada, maka nilainya = 1

8.7. Teladan

8.7.1. RALK 4 Perlakuan

Penelitian lapangan dengan menggunakan percobaan satu faktor yang disusun dalam RALK.

Perlakuan (n) yang dimaksud yaitu lama perendaman biji jagung dalam air sebelum ditanam (dengan simbul T) yang terdiri dari empat aras yaitu: T_1 = 2, T_2 = 4, T_3 = 6, dan T_4 = 8 menit. Perlakuan di atas termasuk perlakuan kuantitatif, maka perlu dilakukan uji kecenderungan (*trend comparation*). Dan masing-masing perlakuan diulang tiga kali (ulangan sebagai blok (k)), sehingga diperlukan (3 x 3) = 9 petak atau plot. Masing-masing petak terdiri dari 3 sampel tanaman, sehingga keseluruhan dibutuhkan tanaman sebanyak 3 x 3 x 3 = 27 tanaman.

Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan dengan tanaman jagung sebagai indikator dan parameter yang diamati tinggi tanaman.

Tahap 1 : Penyusunan kembali data dari lapangan

Tabel 8.7. Data Pengamatan Tinggi Tanaman

Perlakuan	Blok			Jumlah Perlk.	Rerata Perlk.
	1	2	3		
T_1	207,0	203,6	202,2	612,8	204,22
T_2	192,2	193,6	193,0	578,8	192,93
T_3	185,4	188,8	189,0	563,2	187,73
T_4	180,2	181,2	179,2	540,6	180,20
Jumlah	764,8	767,2	763,4	2295,4	191,28

Berdasarkan Tabel 8.7 di atas, maka dapat diselesaikan sebagai berikut:

Tahap 2 : Perhitungan faktor koreksi (FK) dan jumlah kuadrat (JK)

1. Faktor koreksi (FK) $= \dfrac{(\Sigma\Sigma X_{..})^2}{\text{k x n}} = \dfrac{2295.4^2}{3 \text{ x } 4}$ = 439071,7

2. JK total (JKt) $= \Sigma\Sigma X_{ij}^2 -$ FK

   $= 207^2 + 192{,}2^2 + \ldots + 179{,}2^2 - 439071{,}7$
   $= 943{,}5566$

3. JK blok (JKk) $= \dfrac{\Sigma(X_{.j})^2}{n} -$ FK

$$= \frac{(764{,}8^2 + \ldots + 763{,}4)^2}{4} - 12413{,}674$$

$= 1{,}8466$

4. JK perlakuan (JKP) $= \frac{\Sigma(X_{i.})^2}{k} - FK$

$$= \frac{(612{,}8^2 + \ldots + 540{,}6^2)}{3} - 439071{,}7$$

$= 920{,}1966$

Tabel 8.8. Orthogonal Polinomial untuk Interval Perlakuan Sama pada Perlakuan Lama Perendaman (T)

Trend Regresi	Lama Perendaman (menit)				Deviasi
	T_1	T_2	T_3	T_4	x^2
Linier	-3	-1	1	3	20
Kuadratik	1	-1	-1	1	4
Kubik	-1	3	-3	1	20
Jumlah ($\Sigma X_{.i}$)	612,8	578,82	563,2	540,6	

Berdasarkan Tabel 8.8 di atas dapat dihitung jumlah kuadrat regresi (JKR), sebagai berikut:

5. Jumlah kuadrat regresi (JKR):

   a. JKR linier (JKR L) $= \frac{\sum\{(-3 \text{ x } \Sigma T_1) + \cdots + (3 \text{ x } \Sigma T_4)\}^2}{k \text{ x } X^2{}_{\text{Linier}}}$

   $= \frac{\{(-3 \text{ x } 612{,}8) + \ldots + (3 \text{ x } 540{,}6)\}^2}{3 \text{ x } 20}$

   $= 898{,}614$

b. JKR kuadratik (JKR Q) $= \dfrac{\sum\{(1 \text{ x } \Sigma T_1) + \ldots + (1 \text{ x } \Sigma T_4)\}^2}{\text{k x } X^2{}_{\text{Kuadratik}}}$

$= \dfrac{\{(1 \text{ x } 612{,}8) + \ldots + (1 \text{ x } 540{,}6)\}^2}{3 \text{ x } 4}$

= 10,830

c. JKR kubik (JKR K) $= \dfrac{\sum\{(1 \text{ x } \Sigma T_1) + \ldots + (1 \text{ x } \Sigma T_4\ )\}^2}{\text{k x } X^2{}_{\text{Kuadratik}}}$

$= \dfrac{\{(-1 \text{ x } 612{,}8) + \ldots + (1 \text{ x } 540{,}6)\}^2}{3 \text{ x } 20}$

= 20,7526

6. JK galat (JKG) = JKt - JKP - JKB
   = 943,556 - 920,1966 - 1,8466
   = 21,5133

Tahap 3 : Perhitungan derajad bebas (DB)

1. DB total (DBt) = (T x k) - 1 = (4 x 3) - 1 = 11
2. DB blok (DBk) = k - 1 = 3 - 1 = 2
3. DB perlakuan (DBP) = T - 1 = 4 - 1 = 3
4. DB regresi (DBR) = 1 (terdefinisi)
5. DB galat (DBG) = DBt - DBP - DBB = 11 - 3 - 2 = 6

Tahap 4 : Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT blok (KTk) $= \dfrac{\text{JKB}}{\text{DBB}} = \dfrac{1{,}8466}{2} =$ 0,9233

2. KT perlakuan (KTP) = $\frac{\text{JKP}}{\text{DBP}} = \frac{920,1966}{3}$ = 306,7322

3. KT regresi (KTR):

   a. KTR linier (KTR L) = $\frac{\text{JKR linier}}{\text{DBR}} = \frac{898,614}{1}$ = 898,6140

   b. KTR kuadratik (KTR Q) = $\frac{\text{JKR kuadratik}}{\text{DBR}} = \frac{10,83}{1}$ = 10,8300

   c. KTR kubik (KTK) = $\frac{\text{JKR kubik}}{\text{DBR}} = \frac{10,7526}{1}$ = 10,7526

4. KT galat (KTG) = $\frac{\text{JKG}}{\text{DBG}} = \frac{21,5133}{6}$ = 3,5855

Tahap 5 : Perhitungan F hitung

1. F hitung blok = $\frac{\text{KTk}}{\text{KTG}} = \frac{0,9233}{3,5855}$ = 0,2570

2. F hitung perlakuan = $\frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} = \frac{306,7322}{3,5855}$ = 85,5460

3. F hitung regresi:

   a. Linier = $\frac{\text{KTR linier}}{\text{KTG}} = \frac{898,614}{3,5855}$ = 250,6200

   b. Kuadratik = $\frac{\text{KTR kuadratik}}{\text{KTG}} = \frac{10,83}{3,5855}$ = 3,0200

   c. Kubik = $\frac{\text{KTR kubik}}{\text{KTG}} = \frac{10,83}{3,5855}$ = 2,9988

Tahap 6 : Penyusunan dari perhitungan ke tabel analisis ragam

Tabel 8.9. Analisis Ragam RALK

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel 5%
Blok	2	1,8466	0,9233	0,257 ns	3,40
Perlakuan	3	920,1966	306,7322	85,546 *	3,01
Linier	1	898,6140	898,6140	250,620 *	4,26
Kuadratik	1	10,8300	10,8300	3,020 ns	4,26
Kubik	1	10,7526	10,7526	2,998 ns	4,26
Galat	6	21,5133	3,5855		
Jumlah	11	943,5566			

Keterangan: ns = Tidak berpengaruh nyata, * = Berpengaruh nyata

Kesimpulan : Hasil perhitungan F hitung (85,546) > F tabel (3,01), berarti minimal ada satu perlakuan yang beda nyata dengan perlakuan yang lain.

Koefisien keragaman (KK) = $\frac{\sqrt{\mathrm{KTG}}}{\dot{\mathrm{X}}}$ x 100% = $\frac{\sqrt{3,5855}}{191,28}$ x 100% = 0,989%

Hal ini menunjukkan bahwa keragaman yang ditimbulkan oleh galat (faktor kesalahan) sebesar 0,989%

Tahap 7 : Pengujian terhadap perlakuan yang berbeda nyata

Uji lanjut yang digunakan yaitu uji jarak berganda Duncan (UJBD) pada jenjang nyata 5%.

1. Rerata Perlakuan (T)
   T_1 = 204,22 T_2 = 192,93 T_3 = 187,73 T_4 = 180,20

2. *Standard error* rerata perlakuan T $= \sqrt{\dfrac{\text{KTG}}{\text{k}}} = \sqrt{\dfrac{3{,}5855}{3}} = 1{,}0932$

3. R (2 - 4 ; 6 ; 5%)

r : 2 3 4

rp : 3,46 3,58 3,64

x 1,0932

4. SSD = 3,782 3,913 3,979

Tabel 8.10. UJBD pada α = 5%

SSD : Rp x Sx	3,979	3,913	3,782	
Rerata Perlakuan	T_4 180,20	T_3 187,73	T_2 192,93	T_1 204,26
T_1 = 204,26	24,06	16,53	11,3	0
T_2 = 192,93	12,73	5,20	0	a
T_3 = 187,73	7,53	0	b	
T_4 = 180,20	0	c		
	d			

Berdasarkan analisis ragam (Tabel 8.9) menunjukkan bahwa pengaruh lama perendaman terhadap tinggi tanaman bersifat linier (karena F hitung > F tabelnya) dengan persamaan Y = a + b X, maka dapat dilakukan perhitungan nilai konstanta (a), koefisien regresi (b) dan koefisien determinasi (r^2) berikut.

Diketahui: Perlakuan T_i dianggap sebagai X_i yaitu: X_1 = 2, X_2 = 4, X_3 = 6, dan X_4 = 8 menit. Rerata perlakuan $\dot{X}_{.j}$ dianggap sebagai Y_i yaitu: Y_1 = 204,26 ; Y_2 = 192,93 ; Y_3 = 187,73 ; Y_4 = 180,20. Perhitungan analisis regresi linier dengan langkah-langkah berikut.

Tabel 8.11. Perhitungan Analisis Regresi Linier

X_i	Y_i	X_i^2	X_iY_i	Y_i^2
2	204,26	5	408,53	41724,87
4	192,93	16	771,73	37223,27
6	187,73	36	1126,40	35243,80
8	180,20	64	1441,60	32472,04
ΣX	ΣY	ΣX^2	ΣXY	ΣY^2
20	765,13	120	3748,26	146663,90

- Koefisien regresi (b) = $\frac{n\ \Sigma XY - (\Sigma X\ \Sigma Y)}{(n\ \Sigma X^2) - (\Sigma X)^2}$

  = $\frac{(4 \text{ x } 3748{,}26) - (20 \text{ x } 765{,}13)}{(4 \text{ x}120) - (20)^2}$

  = -3,87

- Konstanta (a) = $\frac{\Sigma Y}{n}$ - $\frac{b\ \Sigma X}{n}$

  = $\frac{765{,}13}{4}$ - $\frac{-3{,}87 \text{ x } 20}{4}$

  = 210,6333

- Jadi diperoleh nilai a = 210,6333 dan b = -3,87, maka diperoleh persamaan regresi linier: Y = 210,6333 – 3,87 X

➢ Koefisien determinasi linier (r^2) = $\dfrac{b\ (\Sigma XY - \frac{(\Sigma X\ \Sigma Y)}{n})}{\Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{n}}$

$$= \frac{-3{,}87\ (3748{,}26 - \frac{(20 \times 765{,}13)}{4})}{146663{,}9 - \frac{(765{,}13)^2}{4}}$$

= 0,97

Berdasarkan hasil uji jarak berganda Duncan dan analisis regresi linier di atas, maka dapat dijelaskan sebagai berikut (Tabel 8.12).

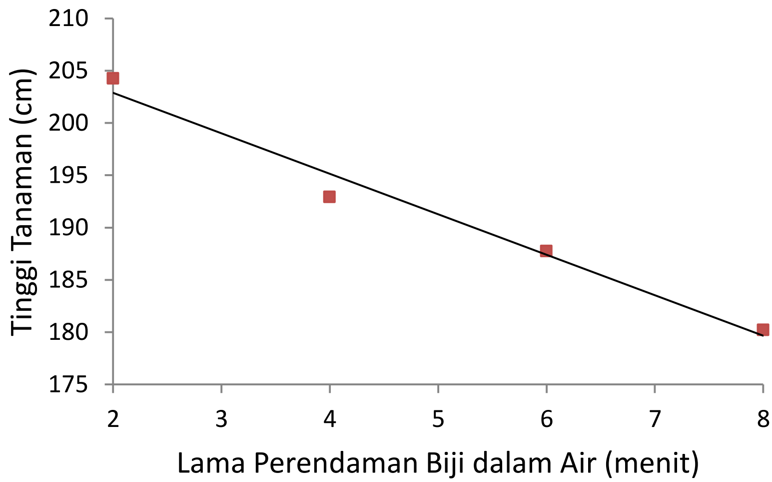
Tabel 8.12. Pengaruh Lama Perendaman terhadap Tinggi Tanaman

Perlakuan	Rerata	Notasi
T_1	204,22	a
T_2	192,93	b
T_3	187,73	c
T_4	180,20	d

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf sama pada kolom menunjukkan tidak ada beda nyata antar perlakuan berdasarkan uji jarak berganda Duncan (UJBD) pada jenjang nyata 5%.

Berdasarkan Tabel 8.12 tersebut di atas menunjukkan bahwa antar perlakuan ada beda nyata, yang mana perlakuan lama perendaman 2 menit (T4) memberikan tinggi tanaman lebih tinggi.

Pengaruh lama perendaman terhadap tinggi tanaman bersifat linier dengan persamaan regresi Y = 210,6333 – 3,87 X, dan Koefisien determinasi linier (r^2) = 0,97 atau 97%. Jadi dalam hal ini perendaman pada level yang lebih tinggi menyebabkan turunnya tinggi tanaman.



Gambar 8.3. Pengaruh Lama Perendalam Biji terhadap Tinggi Tanaman

8.7.2. RALK dengan 1 *missing* data

Penelitian lapangan dengan menggunakan percobaan satu faktor disusun dalam rancangan acak lengkap kelompok (RALK). Perlakuan yang dimaksud yaitu lama perendaman (dengan simbul T) yang terdiri dari empat aras yaitu: T_1 = 2 menit, T_2 = 4 menit, T_3 = 6 menit dan T_4 = 8 menit. Perlakuan di atas termasuk perlakuan kuantitatif, maka perlu dilakukan uji kecenderungan (*trend comparation*). Dan Masing-masing perlakuan diulang tiga kali (ulangan sebagai blok), sehingga diperlukan 3 x 3 = 9 petak atau plot. Masing-masing petak terdiri dari 3 sampel tanaman, sehingga keseluruhan dibutuhkan 3 x 3 x 3 = 27 tanaman.

Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan dengan tanaman indikator jagung dan parameter yang diamati tinggi tanaman.

Tahap 1 : Penyusunan kembali data dari lapangan

Tabel 8.13. Data Pengamatan Tinggi Tanaman

Perlakuan	Blok			Jumlah Perlk.	Rerata Perlk.
	1	2	3		
T_1	207,0	203,6	202,2	612,8	204,22
T_2	192,2	(hilang)	193,0	385,2'	192,60’
T_3	185,4	188,8	189,0	563,2	187,73
T_4	180,2	181,2	179,2	540,6	180,20
Jumlah blok	764,8	573,6'	763,4	2101,8'	

Tanda ’ = menunjukkan data sementara

Salah satu syarat pada RALK blok harus sama, maka data yang hilang perlu dilengkapi dahulu dengan dugaannya agar dapat dianalisis. Dugaan untuk satu *missing* data berikut.

$$X_{22\,s} = \frac{n\ \Sigma X'_{2.} + k\ \Sigma X'_{.2} - \Sigma\Sigma X'_{..}}{(n-1)\ (k-1)}$$

$$= \frac{4\ (385,2) + 3\ 573,6 - 2101,8}{(4-1)(3-1)}$$

$$= \ 193,3$$

Keterangan:

X_{22} artinya terjadi *missing* data pada perlakuan T_2 pada blok ke-2.

Dengan demikian data pada Tabel 8.13 di atas berubah menjadi Tabel 8.14 berikut.

Tabel 8.14. Data Pengamatan Tinggi Tanaman

Perlakuan	Blok			Jumlah Perlk.	Rerata Perlk.
	1	2	3		
T_1	207,0	203,6	202,2	612,8	204,22
T_2	192,2	(193,3)	193,0	578,5	192,83
T_3	185,4	188,8	189,0	563,2	187,73
T_4	180,2	181,2	179,2	540,6	180,20
Jumlah blok	764,8	766,9	763,4	2295,1	191,28

Tabel 8.14 di atas yang sudah lengkap tersebut, maka dapat dilakukan perhitungan selanjutnya sebagai berikut:

Tahap 2 : Perhitungan faktor koreksi (FK) dan jumlah kuadrat (JK)

1. Faktor koreksi (FK) $= \dfrac{(\Sigma\Sigma X_{..})^2}{\text{k x n}} = \dfrac{2295{,}1^2}{3 \text{ x } 4} = 438957{,}0$

2. JK total (JKt) $= \Sigma\Sigma X_{ij}^2 - \text{FK}$

   $= 207^2 + 192{,}2^2 + \ldots + 179{,}2^2 - 438957{,}0$

   $= 942{,}2491$

3. JK blok (JKB) $= \dfrac{\Sigma X_{.j}^{\,2}}{n} - \text{FK}$

   $= \dfrac{(764{,}8^2 + \ldots + 763{,}4)^2}{4} - 438957{,}0$

   $= 1{,}5516$

4. JK perlakuan (JKP) $= \dfrac{\Sigma X_{i.}^{\,2}}{k} - \text{FK}$

$$= \frac{(612{,}8^2 + \ldots + 540{,}6^2)}{3} - 438957{,}0$$

$$= 919{,}2291$$

Tahap 3 : Perhitungan derajad bebas (DB)

1. DB total (DBt) = (T x k) - 1 - 1 = (4 x 3) - 1 - 1 = 10
2. DB blok (DBB) = k - 1 = 3 - 1 = 2
3. DB perlakuan (DBP) = T - 1 = 4 - 1 = 3
4. DB regresi (DBR) = 1 (terdefinisi)
5. DB galat (DBG) = DBt - DBP - DBB = 10 - 3 – 1 – 1 (*missing data*) = 5

Tahap 4 : Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT blok (KTB) $= \frac{\text{JKB}}{\text{DBB}} = \frac{1{,}5516}{2} = 0{,}7758$
2. KT perlakuan (KTP) $= \frac{\text{JKP}}{\text{DBP}} = \frac{919{,}2291}{3} = 306{,}4097$
3. KT galat (KTG) $= \frac{\text{JKG}}{\text{DBG}} = \frac{21{,}4683}{5} = 4{,}2936$

Tahap 5 : Perhitungan F hitung

1. F hitung blok $= \frac{\text{KTB}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}7758}{4{,}2936} = 0{,}1806$
2. F hitung perlakuan $= \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} = \frac{306{,}4097}{4{,}2936} = 71{,}3631$

Tahap 6 : Penyusunan dari perhitungan ke tabel analisis ragam

Tabel 8.16. Analisis Ragam RALK (1 *Missing* Data)

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel 5%
Blok	2	1,5516	0,7758	0,180 ns	5,79
Perlakuan	3	919,2291	306,4097	71,363 *	5,41
Galat	5	21,4683	4,2936		
Jumlah	10	942,2491			

Keterangan: ns = Tidak berpengaruh nyata, * = Berpengaruh nyata

Kesimpulan: F hitung (71,363) > F tabel (5,41), berarti minimal ada satu perlakuan beda nyata dengan perlakuan lain.

Koefisien Keragaman (KK) = $\frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\dot{\text{X}}}$ x 100% = $\frac{\sqrt{4{,}2936}}{191{,}28}$ x 100% = 1,083%

Artinya bahwa keragaman yang ditimbulkan oleh galat (faktor kesalahan) sebesar 1,083%.

Tahap 7 : Pengujian terhadap perlakuan yang berbeda nyata

Uji lanjut yang digunakan yaitu uji beda nyata terkecil (BNT) pada jenjang nyata 5%

Rerata Perlakuan (T)

T_1 = 204,26 T_2 = 192,83 T_3 = 187,73 T_4 = 180,2

1. Untuk membandingkan 2 rata-rata perlakuan salah satunya mengandung *missing* data :

$$\text{BNT} \propto\% = \text{t tabel} \propto\% \text{ DB (5)} \sqrt{\frac{\text{KTG}}{\text{n}}\left[2 + \frac{\text{n}}{(\text{k}-1)(\text{n}-1)}\right]}$$

$$= 2{,}571 \sqrt{\frac{4{,}2936}{3}\left[2 + \frac{4}{(4-1)(3-1)}\right]}$$

$$= 8{,}423$$

2. Untuk membandingkan 2 rata-rata perlakuan yang keduanya tidak mengandung *missing* data.

$$\text{BNT} \propto\% = \text{t tabel} \propto\% \text{ DB (5)} \sqrt{\frac{2 \text{ x KTG}}{\text{k}}}$$

$$\text{BNT} \propto\% = 2{,}571 \sqrt{\frac{2 \text{ x } 4{,}2936}{3}}$$

$$= 4{,}349$$

Perbandingan antara rata-rata perlakuan:

1. $|T_1 - T_2| = |204{,}26 - 192{,}83| = 11{,}43$
   $|T_1 - T_2| = 11{,}43 > \text{BNT } 5\% = 8{,}423$, yang berarti ada beda nyata antara rata-rata perlakuan T_1 dan T_2
2. $|T_1 - T_3| = |204{,}26 - 187{,}73| = 16{,}53$
   $|T_1 - T_3| = 16{,}53 > \text{BNT } 5\% = 4{,}349$, yang berarti ada beda nyata antara rata-rata perlakuan T_1 dan T_3
3. $|T_1 - T_4| = |204{,}26 - 180{,}20| = 24{,}06$
   $|T_1 - T_4| = 24{,}06 > \text{BNT } 5\% = 4{,}349$, yang berarti ada beda nyata antara rata-rata perlakuan T_1 dan T_4
4. $|T_2 - T_3| = |192{,}83 - 187{,}73| = 5{,}10$
   $|T_2 - T_3| = 5{,}10 < \text{BNT } 5\% = 8{,}423$, yang berarti tidak ada beda nyata antara rata-rata perlakuan T_2 dan T_3

5. $|T_2 - T_4| = |192{,}83 - 180{,}20| = 12{,}63$

$|T_2 - T_4| = 12{,}63 >$ BNT 5% = 8,423, yang berarti ada beda nyata antara rata-rata perlakuan T_2 dan T_4

6. $|T_3 - T_4| = |187{,}73 - 180{,}20| = 7{,}53$

$|T_3 - T_4| = 7{,}53 >$ BNT 5% = 4,349, yang berarti ada beda nyata antara rata-rata perlakuan T_3 dan T_4

Berdasarkan hasil uji beda nyata terkecil (BNT) dan analisis regresi linier di atas, maka dapat dijelaskan pada Tabel 8.17 berikut.

Tabel 8.17. Pengaruh Lama Perendaman terhadap Tinggi Tanaman

Perlakuan	Rerata	Notasi
T_1	204,22	a
T_2	192,83	b
T_3	187,73	b
T_4	180,20	c

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf sama pada kolom menunjukkan tidak ada beda nyata antar perlakuan berdasarkan uji beda nyata terkecil (BNT) pada jenjang nyata 5%.

Berdasarkan Tabel 8.17 tersebut di atas menunjukkan bahwa lama perendaman 2 menit (T_1) memberikan tinggi tanaman lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan yang lain. Antara perlakuan lama perendaman 4 menit (T_2) dan 6 menit (T_3) tidak berbeda nyata, tetapi kedua perlakuan berbeda nyata dengan lama perendaman 2 menit (T_1) maupun dengan 8 menit (T_4)

8.7.3. RALK dengan 2 *missing* data

Penelitian lapangan dengan menggunakan percobaan satu faktor disusun dalam rancangan acak lengkap kelompok.(RALK)

Perlakuan yang dimaksud yaitu lama perendaman biji jagung di dalam air (dengan simbul T) yang terdiri dari empat aras yaitu T_1 = 2 menit, T_2 = 4 menit, T_3 = 6 menit dan T_4 = 8 menit. Dan Masing-masing perlakuan diulang tiga kali (ulangan sebagai blok), sehingga diperlukan 3 x 3 = 9 petak atau plot. Masing-masing petak terdiri dari 3 sampel tanaman, sehingga dibutuhkan sebanyak 3 x 3 x 3 = 27 tanaman.

Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan dengan tanaman indikator jagung dan parameter yang diamati yaitu tinggi tanaman.

Tahap 1 : Penyusunan kembali data dari lapangan

Tabel 8.18. Data Pengamatan Tinggi Tanaman

Perlakuan	Blok			Jumlah Perlk	Rerata Perlk
	1	2	3		
T_1	207,0	203,6	202,2	612,8	204,22
T_2	192,2	(hilang)	193,0	385,2'	192,60’
T_3	185,4	188,8	189,0	563,2	187,73
T_4	(hilang)	181,2	179,2	360,4'	180,20’
Jumlah	584,6'	573,6'	763,4	1921,6'	

Salah satu syarat pada RALK blok harus sama, maka percobaan tersebut data yang hilang perlu dilengkapi dahulu dengan dugaannya agar dapat dianalisis. Dugaan untuk 2 *missing* data sebagai berikut:

Tanda ’ = menunjukkan data sementara

$$X_{41\,s} = \frac{X_{42} + X_{43}}{2}$$

$$= \frac{181{,}2 + 179{,}2}{2}$$

$$= 180{,}2$$

$$X_{22\,s} = \frac{n\,\Sigma X'_{2.} + k\,\Sigma X'_{.2} - (\Sigma\Sigma X'_{..} + X_{41\,s})}{(n-1)\,(k-1)}$$

$$= \frac{4(385{,}2)\ + 3(\,573{,}6) - (\,1921{,}6) + 180{,}2)}{(5-1)(3-1)}$$

$$= 193{,}3$$

$$X_{41\,f} = \frac{n\,\Sigma X'_{4.} + k\,\Sigma X'_{.1} - (\Sigma\Sigma X'_{..} + X_{22\,s})}{(n-1)(k-1)}$$

$$= \frac{4(360{,}4) + 3(584{,}6) - (1921{,}6) + 193{,}3)}{(5-1)(3-1)}$$

$$= 180{,}08$$

$$X_{22\,f} = \frac{n\,\Sigma X'_{2.} + k\,\Sigma X'_{.2} - (\Sigma\Sigma X'_{..} + X_{41\,f})}{(n-1)(k-1)}$$

$$= \frac{4(385{,}2) + 3(573{,}6) - (1921{,}6 + 180{,}08)}{(5-1)(3-1)}$$

$$= 193{,}32$$

Keterangan:

X_{22} artinya terjadi *missing* data pada perlakuan T_2 dan blok 2

X_{41} artinya terjadi mising data pada perlakuan T_4 dan blok1

Dengan demikian data Tabel 8.18 di atas akan berubah menjadi Tabel 8.19 di bawah ini:

Tabel 8.19. Data Pengamatan Tinggi Tanaman

Perlakuan	Blok			Jumlah Perlk.	Rerata Perlk.
	1	2	3		
T_1	207,0	203,6	202,2	612,8	204,22
T_2	192,2	(193,32)	193,0	578,52	192,84
T_3	185,4	188,8	189,0	563,2	187,73
T_4	(180,08)	181,2	179,2	540,48	180,16
Jumlah	764,68	766,92	763,4	2295,00	191,25

Tabel 8.19 yang sudah lengkap tersebut, maka dapat dilakukan perhitungan selanjutnya sebagai berikut:

Tahap 2 : Perhitungan faktor koreksi (FK) dan jumlah kuadrat (JK)

1. Faktor koreksi (FK) $= \dfrac{(\Sigma\Sigma X'_{..})^2}{k \text{ x } n} = \dfrac{2295{,}0^2}{3 \text{ x } 4}$ = 438919,5

2. JK total (JKt) $= \Sigma\Sigma\, X_{ij}{}^2$ - FK

   = $(207{,}0^2 + ... + 179{,}2^2)$ - 438919,5
   = 944,9276

3. JK blok (JKk) $= \dfrac{\Sigma\, X_{.j}{}^2}{n}$ - FK

   $= \dfrac{(764{,}8^2 + 766{,}9^2 + 763{,}4)^2}{4} - 438919{,}5$
   = 1,5857

4. JK perlakuan (JKP) = $\dfrac{\Sigma X_{i.}^{2}}{k}$ - FK

$$= \frac{(612{,}8^2 + \ldots + 540{,}48^2)}{3} - 438919{,}5$$

= 921,8805

5. JK galat (JKG) = JKt - JKP - JKB

= 944,9276 - 921,8805 - 1,5857

= 21,4613

Tahap 3 : Perhitungan derajad bebas (DB)

1. DB total (DBt) = (T x k) - 1 - 2 = (4 x 3) - 1 - 2 = 9
2. DB blok (DBk) = k - 1 = 3 - 1 = 2
3. DB perlakuan (DBP) = T - 1 = 4 - 1 = 3
4. DB regresi (DBR) = 1 (terdefinisi)
5. DB galat (DBG) = DBt - DBP - DBk = 9 - 3 - 2 = 4

Tahap 4 : Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT blok (KTk) = $\dfrac{\text{JKk}}{\text{DBB}} = \dfrac{1{,}5857}{2} = 0{,}7928$

2. KT perlakuan (KTP) = $\dfrac{\text{JKP}}{\text{DBP}} = \dfrac{921{,}8805}{3} = 307{,}2935$

3. KT galat (KTG) = $\dfrac{\text{JKG}}{\text{DBG}} = \dfrac{21{,}4613}{4} = 5{,}3653$

Tahap 5 : Perhitungan F hitung

1. F hitung blok = $\frac{\text{KTB}}{\text{KTG}} = \frac{0,7928}{5,3653} = 0,1477$

2. F hitung perlakuan = $\frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} = \frac{307,2935}{5,3653} = 57,2738$

Tahap 6 : Penyusunan dari perhitungan sebelumnya ke tabel anova

Tabel 8.20. Analisis Ragam RALK (2 *Missing* Data)

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel 5%
Blok	2	1,5857	0,7928	0,147 ns	6,94
Perlakuan	3	921,8805	307,2935	57,273 *	6,59
Galat	4	21,4613	5,3653		
Jumlah	9	944,9276			

Keterangan: ns = Tidak berpengaruh nyata, * = Berpengaruh nyata

Kesimpulan: F hitung (57,273) > F tabel (6,59), berarti ada beda nyata antar perlakuan.

Koefisien Keragaman (KK) = $\frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\dot{\text{X}}}$ x 100% = $\frac{\sqrt{5,3653}}{191,25}$ x 100% = 1,211%

Hal ini menunjukkan bahwa keragaman yang ditimbulkan oleh galat (faktor kesalahan) sebesar 1,211%.

Tahap 7 : Pengujian terhadap perlakuan yang berbeda nyata

Uji lanjut digunakan uji beda nyata terkecil (BNT) pada jenjang nyata 5%

Rerata Perlakuan (T)
T_1 = 204,26 T_2 = 192,83 T_3 = 187,73 T_4 = 180,16

1. Untuk membandingkan 2 rata-rata perlakuan salah satunya mengandung *missing* data:

   BNT $\propto$% = t tabel $\propto$% DB (4) $\sqrt{\frac{\mathrm{KTG}}{\mathrm{n}}[2+\frac{\mathrm{n}}{(\mathrm{k}-1)(\mathrm{n}-1)}]}$

   $= 2{,}776\sqrt{\frac{5{,}3653}{3}[2+\frac{4}{(4-1)(3-1)}]}$

   = 10,50

2. Untuk membandingkan 2 rata-rata perlakuan yang keduanya mengandung *missing* data.

   Blok efektif untuk perlakuan T_2 dan T_4 sebagai berikut.

	kT_2	kT_4
Blok 1	0,5	0
Blok 2	0	0,5
Blok 3	1	1
Jumlah	3/2	3/2

   BNT $\propto$% = t tabel $\propto$% DB (4) $\sqrt{\mathrm{KTG}\ (\frac{1}{\mathrm{k}_1}+\frac{1}{\mathrm{k}_2})}$

   $= 2{,}776\sqrt{5{,}3653\ (\frac{2}{3}+\frac{2}{3})}$

   = 7,42

3. Untuk membandingkan 2 rata-rata perlakuan yang keduanya tidak mengandung *missing* data.

$$\text{BNT } \propto\% = \text{t tabel } \propto\% \text{ DB } (4) \sqrt{\frac{2 \text{ x KTG}}{k}}$$

$$\text{BNT } \propto\% = 2{,}776 \sqrt{\frac{2 \text{ x } 5{,}3653}{3}}$$

$$= 5{,}25$$

Perbandingan antara rata-rata perlakuan:

1. $|T_1 - T_2| = |204{,}26 - 192{,}83| = 11{,}43$
   $|T_1 - T_2| = 11{,}43 >$ BNT 5% = 10,50, yang berarti ada beda nyata antara rata-rata perlakuan T_1 dan T_2

2. $|T_1 - T_3| = |204{,}26 - 187{,}73| = 16{,}53$
   $|T_1 - T_3| = 16{,}53 >$ BNT 5% = 5,25, yang berarti ada beda nyata antara rata-rata perlakuan T_1 dan T_3

3. $|T_1 - T_4| = |204{,}26 - 180{,}16| = 24{,}10$
   $|T_1 - T_4| = 24{,}10 >$ BNT 5% = 10,50 yang berarti ada beda nyata antara rata-rata perlakuan T_1 dan T_4

4. $|T_2 - T_3| = |192{,}83 - 187{,}73| = 5{,}10$
   $|T_2 - T_3| = 5{,}10 <$ BNT 5% = 10,50 yang berarti tidak ada beda nyata antara rata-rata perlakuan T_2 dan T_3

5. $|T_2 - T_4| = |192{,}83 - 180{,}16| = 12{,}67$
   $|T_2 - T_4| = 12{,}67 >$ BNT 5% = 7,42 yang berarti ada beda nyata antara rata-rata perlakuan T_2 dan T_4

6. $|T_3 - T_4| = |187{,}73 - 180{,}16| = 7{,}53$

$|T_3 - T_4| = 7,57 < BNT\ 5\% = 10,5$ yang berarti tidak ada beda nyata antara rata-rata perlakuan T_3 dan T_4

Berdasarkan hasil uji beda nyata terkecil (BNT) dan analisis regresi linier di atas, maka dapat dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 8.24. Pengaruh Lama Perendaman terhadap Tinggi Tanaman

Perlakuan	Rerata	Notasi
T_1	204,22	a
T_2	192,83	b
T_3	187,73	bc
T_4	180,20	c

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf sama pada kolom menunjukkan tidak ada beda nyata antar perlakuan berdasarkan uji beda nyata terkecil (BNT) pada jenjang nyata 5%.

Berdasarkan Tabel 8.24 tersebut di atas menunjukkan bahwa lama perendaman 2 menit (T_1) memberikan tinggi tanaman lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan yang lain. Antara perlakuan lama perendaman 4 menit (T_2) dan 6 menit (T_3) tidak berbeda nyata, tetapi berbeda nyata dengan perlakuan 8 menit (T_4). Antara perlakuan lama perendamaan 6 menit (T_3) tidak berbeda nyata dengan lama perendaman 8 menit (T_4).

BAB 9
RANCANGAN BUJUR SANGKAR LATIN (RBL)

9.1. Persyaratan RBL

Pada rancangan rancangan bujur sangkar (RBL) atau *latin square* (LS) ada tiga kriteria klasifikasi yaitu: kolom (lajur) yang vertikal, deret yang horizontal dan perlakuan. Disamping ada tiga klasifikasi tersebut masih ada galat.

Persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi yaitu: setiap perlakuan hanya boleh muncul satu kali baik pada deret maupun kolom. Banyaknya perlakuan sama dengan banyaknya kolom, dan sama dengan banyaknya deret. Dengan memenuhi persyarataan-persyaratan demikian, maka RBL dapat mengatasi degradasi kesuburan tanah pada kedua arah, utara-selatan dan timur-barat (sedangkan RALK hanya dapat mengatasi degradasi kesuburan tanah pada satu arah saja).

Pada umumnya banyaknya perlakuan 5 x 5 s/d 8 x 8 RBL, sebab kalau terlalu besar, untuk percobaan lapangan sulit mencari tanah dengan jaminan tidak membesarnya *experimental* galat per unit.

Persyaratan dari RBL yang kadang-kadang dianggap sebagai suatu keterbatasan dari rancangan ini adalah bahwa jumlah ulangan harus sama dengan jumlah perlakuan. Keterbatasan ini kadang dianggap serius, karena untuk jumlah perlakuan yang besar berarti harus diulang sebanyak itu sehingga kurang praktis. Keterbatasan lain adalah untuk jumlah perlakuan yang lebih kecil dari 4 akan mengakibatkan jumlah derajad bebas galat percobaan menjadi lebih kecil akibatnya galat percobaan menjadi semakin besar.

Di bawah 5 x 5 RBL, derajad bebas (DB) untuk pendugaan *experimental* galat terlalu kecil. Tetapi ini bisa diatasi dengan menggunakan lebih dari satu persegi, misalnya dua 4 x 4 RBL akan memberikan 15 DB galat.

9.2. Model RBL

Model matematika RBL sebagai berikut:

$$X_{ijk} = \dot{X} + T_{..k} + K_{.j.} + D_{i..} + e_{ijk}$$

Keterangan:

X_{ijk} = Pengamatan perlakuan ke-k pada kolom ke-j dan deret ke-i
$\dot{X}$ = rata-rata sesungguhnya
$t_{..k}$ = Pengaruh perlakuan ke-k = $\dot{X}_{..k} - \dot{X}_{...}$
$k_{.j.}$ = Pengaruh kolom ke-j = $\dot{X}_{.j.} - \dot{X}_{...}$
$d_{i..}$ = Pengaruh deret ke-i = $\dot{X}_{i..} - \dot{X}_{...}$
e_{ijk} = Pengaruh galat

Tabel 9.1. Struktur Data dalam RBL

	Kolom				Total	Rerata	Total	Rerata
Deret	1	2	j	n	deret	deret	perlk	perlk.
1	X_{113}	X_{124}	....	X_{1n2}	$\Sigma X_{1..}$	$\bar{X}_{1..}$	$\Sigma X_{..1}$	$\bar{X}_{..1}$
2	X_{214}	X_{225}	...	X_{2n3}	$\Sigma X_{2..}$	$\bar{X}_{2..}$	$\Sigma X_{..2}$	$\bar{X}_{..2}$
i	:	:	X_{ijk}	:	$\Sigma X'_{i..}$	$\bar{X}_{i..}$	$\Sigma X_{..k}$	$\bar{X}_{..k}$
n	X_{n12}	X_{n23}	...	X_{nnl}	$\Sigma X_{n..}$	$\bar{X}_{n..}$	$\Sigma X_{..n}$	$\bar{X}_{..n}$
Jml. kolom	$\Sigma X_{.1.}$	$\Sigma X_{.2.}$	$\Sigma X_{.j.}$	$\Sigma X_{.n.}$	$\Sigma X_{...}$		$\Sigma\Sigma X_{...}$	$\dot{X}_{...}$
Rerata	$\bar{X}_{.1.}$	$\bar{X}_{.2.}$	$\bar{X}_{.j.}$	$\bar{X}_{.n.}$		$\bar{X}_{...}$		

9.3. Pemecahan Jumlah Kuadrat dalam RBL

1. Faktor koreksi (FK) = $\dfrac{(\Sigma\Sigma X_{...})^2}{n \times n}$

2. JK total (JKt) = $\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} X_{ijk}^2$ - FK

3. JK perlakuan (JKP) = $\dfrac{\Sigma X_{..k}{}^2}{n}$ - FK

4. JK deret (JKD) = $\dfrac{\Sigma X_{i..}{}^2}{n}$ - FK

5. JK kolom (JKK) = $\dfrac{\Sigma X_{.j.}{}^2}{n}$ - FK

6. JK galat (JKG) = JKt - JKT - JKD - JKK

9.4. Model analisis Ragam dalam RBL

Tabel analisis ragam dalam RBL yang terdiri dari n perlakuan sebagai berikut:

Tabel 9.2. Sidik Ragam dalam RBL

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F. Hitung	F tabel 5%
Perlakuan	n-1	JKP	$\frac{JKP}{n-1}$	$\frac{KTP}{KTG}$	DB (n-1); (n-1)(n-1)
Deret	n-1	JKD	$\frac{JKD}{n-1}$	$\frac{KTD}{KTG}$	DB (n-1); (n-1)(n-1)
Kolom	n-1	JKK	$\frac{JKK}{n-1}$	$\frac{KTK}{KTG}$	DB (n-1); (n-1)(n-1)
Galat	(n-1)(n-1)	JKG	$\frac{JKG}{(n-1)(n-1)}$		
Jumlah	kn-1	Jkt			

9.3. *Missing* Data dalam RBL

Deret	Kolom 1	2	j	n	Total deret	Rerata deret	Total perlk	Rerata perlk.
1	X_{113}	X_{124}	....	X_{1n2}	$\Sigma X_{1..}$	$\bar{X}_{1..}$	$\Sigma X_{..1}$	$\bar{X}_{..1}$
2	X_{214}	X_{225}	...	X_{2n3}	$\Sigma X_{2..}$	$\bar{X}_{2..}$	$\Sigma X_{..2}$	$\bar{X}_{..2}$
i	:	:	X_{ijk}	:	$\Sigma X'_{i..}$	$\bar{X}_{i..}$	$\Sigma X'_{..k}$	$\bar{X}_{..k}$
n	X_{n12}	X_{n23}	...	X_{nnl}	$\Sigma X_{n..}$	$\bar{X}_{n..}$	$\Sigma X_{..n}$	$\bar{X}_{..n}$
Jml. kolom	$\Sigma X_{.1.}$	$\Sigma X_{.2.}$	$\Sigma X'_{.j.}$	$\Sigma X_{.n.}$	$\Sigma X'_{...}$		$\Sigma\Sigma X_{...}$	$\dot{X}_{...}$
Rerata	$\bar{X}_{.1.}$	$\bar{X}_{.2.}$	$\bar{X}_{.j.}$	$\bar{X}_{.n.}$		$\bar{X}_{...}$		

Dengan asumsi tidak ada pengaruh galat pada X_{ijk}, maka:

$$\dot{X}_{ijk} = X + t_{..k} + k_{.j.} + d_{i..}$$

$$= \dot{X} + \dot{X}_{..k} + \dot{X}_{...} + \dot{X}_{.j.} - \dot{X}_{...} + \dot{X}_{i..} - \dot{X}_{...}$$

$$= \frac{\Sigma X'_{..k} + X_{ijk}}{n} + \frac{\Sigma X'_{.j.} + X_{ijk}}{n} + \frac{\Sigma X'_{i..} + X_{ijk}}{n} + 2\,\frac{\Sigma\Sigma X'_{...} + X_{ijk}}{n}$$

$$X_{ijk} = \frac{n(\Sigma X'_{i..} + \Sigma X'_{.j.} + \Sigma X'_{..k}) - 2\,\Sigma\Sigma X'_{...}}{(n-1)\,(n-2)}$$

Rumus dugaan besarnya *missing* data (hanya berlaku kalau *missing* satu).

Jika yang *missing* data ada 2, yaitu X_{214} dan X_{ijk}, caranya sebagi berikut:

$$X_{ijk\,s}\ \text{(sementara)} = \frac{\Sigma X'_{..4}}{n-1}$$

Keterangan:

$\Sigma X'_{..4}$ = Total perlakuan ke-4 dikurangi X_{214} yang hilang (total dari (n-1) ulangan)

$$X_{ijk\,s(\text{sementara})} = \frac{n(\Sigma X'_{i..} + \Sigma X'_{.j.} + \Sigma X'_{..k}) - 2(\Sigma\Sigma X'_{...} + X_{214\,s})}{(n-1)(n-2)}$$

$$X_{214\,f\,(\text{fixed})} = \frac{n(\Sigma X'_{2..} + \Sigma X'_{.1.} + \Sigma X'_{..4}) - 2(\Sigma\Sigma X'_{...} + X_{ijk\,s})}{(n-1)(n-2)}$$

$$Xijk_{\,f\,(\text{fixed})} = \frac{n(\Sigma X'_{i..} + \Sigma X'_{.j.} + \Sigma X'_{..k}) - 2(\Sigma\Sigma X'_{...} ++ X_{214\,f})}{(n-1)(n-2)}$$

Dalam analisis ragam, ada perubahan sedikit yaitu DB total dan DB galat berubah (berkurang) sesuai dengan banyaknya data yang hilang, untuk meningkatkan presisi.

Begitu pula pada BNT-nya ada perubahan. Dalam hal ini ada 3 macam BNT.

1. Untuk membandingkan 2 rata-rata perlakuan yang keduanya tidak mengandung *missing* data, maka rumus LSD-nya tetap seperti biasa :

   BNT $\propto$% = t tabel $\propto$% DB (galat) $\sqrt{\frac{2 \text{ x } \mathrm{KTG_{RBL}}}{\mathrm{k}}}$

2. Untuk membandingkan 2 rata-rata perlakuan yang salah satunya mengandung *missing* data:

   BNT $\propto$% = t tabel $\propto$% DB (galat) $\sqrt{\frac{\mathrm{KTG_{RBL}}}{\mathrm{n}} \left[2 + \frac{\mathrm{n}}{(\mathrm{n}-1)(\mathrm{n}-2)}\right]}$

3. Untuk membandingkan 2 rata-rata perlakuan yang keduanya mengandung *missing* data :

   BNT $\propto$% = t tabel $\propto$% DB (galat) $\sqrt{\mathrm{KTG_{RBL}} \left(\frac{1}{\mathrm{k_1}} + \frac{1}{\mathrm{k_2}}\right)}$

   k1 & k2 = ulangan efektif untuk perlakuan 1 & 2.

   Cara mencari angka ulangan efektif:

   Untuk mencari angka ulangan efektif pada perlakuan 1, maka harus dilihat dahulu perlakuan 1 dalam hubungannya dengan perlakuan 2 pada setiap deret dan kolom di mana perlakuan 1 berada.

   1. Jika perlakuan 1 tidak ada, maka nilainya = 0
   2. Jika perlakuan 1 ada, tetapi perlakuan 2 hilang, baik pada kolom maupun deret dari perlakuan 1 tersebut, maka nilainya = 1/3
   3. Jika perlakuan 1 ada, tetapi perlakuan 2 hilang hanya pada salah satu kolom atau deret dari perlakuan 1 tersebut, maka nilainya = 2/3
   4. Jika perlakuan 1 maupun 2 ada, baik pada kolom maupun deret dari perlakuan 1, maka nilainya = 1

3. Effisiensi RBL terhadap RALK

Karena dalam tiap kolom dan deret, hanya boleh tampak 1 macam perlakuan, maka umumnya rancangan bujur sangkar latin (RBL) lebih efisien daripada RALK. Misalnya pada percobaan lapangan dengan RBL ini bisa mengatasi ketidakseragaman tanah pada dua arah, sedang dengan RALK hanya pada satu arah saja.

Jadi merupakan perbandingan dari kebalikan nilai varians galat masing-masing, seperti telah ditunjukkan pada sebelumnya.

$$RE_{\text{RALK-RBL}} = I = h = \frac{\frac{1}{KTG_{RALK}}}{\frac{1}{KTG_{RBL}}} \times 100\%$$

$$= I = h = \frac{KTG_{RALK}}{KTG_{RBL}} \times 100\%$$

Keterangan:

$$h = \frac{(\gamma\, RBL + 1)(\gamma\, RALK + 3)}{(\gamma\, RBL + 3)(\gamma\, RALK + 1)}$$

γ RALK = DB galat RALK

γ RBL = DB galat RBL

Dan:

$$KTG_{RALK} = \frac{JKK + (n-1)^2\, KTG_{RBL}}{k(n-1)} \quad \text{(bila deret disamakan blok)}$$

$$KTG_{RALK} = \frac{JKD + (n-1)^2\, KTG_{RBL}}{k(n-1)} \quad \text{(bila kolom disamakan blok)}$$

9.4. Teladan

9.4.1. Teladan 1: RBL 5 Perlakuan

Suatu percobaan berjudul “Pengaruh Tinggi Muka Air pada Bedengan Pertanaman Jagung terhadap Tinggi Tanaman Jagung” dengan menggunakan rancangan percobaan RBL dengan 5 perlakuan.

Adapun perlakuan yang dimaksud yaitu tinggi penggenangan air: A = 1, B = 2, C = 3, D = 4, dan E = 5 cm dari permukaaan atas bedengan. Percobaan dilakukan pada musim kemarau. Penggenangan dilakukan setiap seminggu sekali hingga tanaman berumur 75 hari setelah tanam. Adapun data pengamatan tinggi tanaman jagung dapat dilihat pada Tabel 9.3 berikut.

Tahap 1. Menyusun data dari lapangan ke tabel berikut

Tabel 9.3. Pengamatan Tinggi Tanaman Jagung

	Kolom					Total	Rerata	Total	Rerata
Deret	1	2	3	4	5	deret	deret	perlk	perlk
1	D	E	B	A	C				
	60	60	70	70	60	320	64	A = 320	64
2	B	D	C	E	A				
	70	60	50	60	60	300	60	B = 330	66
3	E	C	A	D	B				
	60	50	70	60	70	310	62	C = 280	56
4	A	B	E	C	D				
	60	60	50	60	60	290	58	D = 290	58
5	C	A	D	B	E				
	60	60	50	60	60	290	58	E = 290	58
Total kolom	310	290	290	310	310	1510			
Rerata Kolom	62	58	58	62	62		60,4		

Ditanyakan:

1. Buatkan analisis ragamnya ($\propto$ = 1%), apa ada beda nyata antar rata-rata kolom, rata-rata deret, rata-rata perlakuan.

2. Berapa efisiensi rancangan ini bila dibanding dengan rancangan RALK.
3. Bila dari data di atas X_{435} (perlakuan E pada deret 4 kolom 3) hilang, berapa besar dugaannya.
4. Berapa angka ulangan efektif E dan C bila selain X_{435} juga X_{323} hilang.

Tahap 2. Menghitung jumlah kuadrat (JK)

1. Faktor koreksi (FK) = $\dfrac{(\Sigma\Sigma X\ldots)^2}{n \times n} = \dfrac{1510^2}{5 \times 5}$

2. JK perlakuan (JKP) = $\dfrac{\Sigma(X_{..k})^2}{n}$ - FK

$$= \frac{320^2 + \ldots + 290^2}{5} - \frac{1510^2}{5 \times 5}$$

= 91580 - 91204

= 376

3. JK deret (JKD) = $\dfrac{\Sigma(X_{i..})^2}{n}$ - FK

$$= \frac{320^2 + \ldots + 290^2}{5} - \frac{1510^2}{5 \times 5}$$

= 91300 - 91204

= 96

4. JK kolom (JKK) = $\dfrac{\Sigma(X_{.j.})^2}{n}$ - FK

$$= \frac{310^2 + \ldots + 310^2}{5} - \frac{1510^2}{5 \times 5}$$

= 91340 - 91204

$= \quad 136$

5. JK total (Jkt) $= \Sigma\Sigma(\mathrm{X_{ij}})^2 - \mathrm{FK}$

$= 60^2 + 70^2 + \ldots + 60^2 - \dfrac{1510^2}{5 \times 5}$

$= 92100 - 91204$

$= 896$

6. JK galat (JKG) = JKt - JKT - JKD - JKK

= 896 - 376 - 96 - 136

= 288

Tahap 3. Menghitung derajad bebas (DB)

1. DB total (DBt) = $(n^2 - 1) = (5^2 - 1) = 24$
2. DB perlakuan (DBT) = (n - 1) = 5 - 1 = 4
3. DB deret (DBD) = (n - 1) = 5 - 1 = 4
4. DB kolom (DBK) = (n - 1) = 5 - 1 = 4
5. DB galat (DBG) = DBt - DBT - DBD – DBK = 24 - 4 - 4 – 4 = 12

Tahap 4. Menghitung kuadrat tengah (KT)

1. KT perlakuan (KTT) = $\dfrac{\mathrm{JKT}}{\mathrm{DBT}} = \dfrac{376}{4} = 94$
2. KT deret (KTD) = $\dfrac{\mathrm{JKD}}{\mathrm{DBD}} = \dfrac{96}{4} = 24$
3. KT kolom (KTK) = $\dfrac{\mathrm{JKK}}{\mathrm{DBK}} = \dfrac{136}{4} = 34$
4. KT galat (KTG) = $\dfrac{\mathrm{JKG}}{\mathrm{DBG}} = \dfrac{288}{12} = 24$

Tahap 5. Menghitung F hitung

1. F hitung perlakuan $= \frac{\text{KTT}}{\text{KTG}} = \frac{94}{24} = 3{,}916$
2. F hitung deret $= \frac{\text{KTD}}{\text{KTG}} = \frac{24}{24} = 1{,}000$
3. F hitung kolom $= \frac{\text{KTK}}{\text{KTG}} = \frac{34}{24} = 1{,}416$

Tahap 6. Menyusun perhitungan di atas ke tabel analisis ragam

Tabel 9.4. Analisis Ragam dalam RBL (1 *Missing* Data)

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	4	376	94	3,916 *	3,26
Deret	4	96	24	1,000 ns	3,26
Kolom	4	136	34	1,416 ns	3,26
Galat	12	288	24		
Jumlah	24	896			

Keterangan = * = Beda nyata, ns = Tidak berbeda nyata

Kesimpulan:

- F hitung perlakuan (3,916) > F tabel-nya (3,26): ada beda nyata antar rata-rata perlakuan
- F hitung deret (1) < F tabel-nya (3,26): tidak ada beda nyata antar rata-rata deret
- F hitung kolom (1,416) < F tabel-nya (3,26): tidak ada beda nyata antar rata-rata kolom

1. BNT $\propto$% = t tabel $\propto$% DB (12) $\sqrt{\frac{2 \text{ x } KTG_{RBL}}{k}}$

$$= 3{,}055 \sqrt{\frac{2 \text{ x } 24}{5}}$$

$$= 9{,}465$$

2. Uji efisiensi RBL terhadap RALK

DB $_{RALK}$ = (n-1)(n-1) = (5-1)(5-1) = 16

$$\text{Jadi h} = \frac{(DB_{RALK} + 3)(DB_{RBL} + 1)}{(DB_{RALK} + 1)(DB_{RBL} + 3)}$$

$$= \frac{(16 + 3)(12 + 1)}{(16 + 1)(12 + 3)}$$

$$= 0{,}969$$

Bila deret disamakan dengan blok:

$$KTG_{RALK} = \frac{JKK + (n-1)^2 \; KTG_{RBL}}{n\,(n-1)}$$

$$= \frac{136 + (5-1)^2 \; 24)}{5\,(5-1)}$$

$$= 26$$

$$I = RE_{RBL-RALK} = h \text{ x } \frac{KTG_{RALK}}{KTG_{RBL}} \text{ x } 100\%$$

$$= 0{,}969 \text{ x } \frac{26}{24} \text{ x } 100\%$$

$$= 104{,}93\%$$

Jadi penggunaan RBL lebih efisien 4,93% dibandingkan penggunaan RALK.

9.4.2. Teladan 2: RBL 5 perlakuan, 2 *missing* data

Suatu percobaan berjudul “Pengaruh Dosis Pupuk NPK terhadap Jumlah Buah Tanaman Kentang” dengan menggunakan rancangan percobaan bujur sangkar latin (RBL) dengan 5 perlakuan. Adapun perlakuan yang dimaksud yaitu dosis pupuk NPK, yaitu: A = 2, B = 4, C = 6, D = 8, dan E = 10 g/tanaman. Pemberian pupuk NPK dilakukan secara bertahap yaitu pada saat tanaman umur 14 dan 28 HST. Adapun data pengamatan dilakukan terhadap jumlah buah per tanaman (rumpun) pada Tabel 9.5.

Tahap 1. Menyusun data dari lapangan ke tabel berikut

Tabel 9.5. Pengamatan Jumlah Buah Tanaman Kentang

Deret	Kolom 1	2	3	4	5	Total deret	Rerata deret	Total perlk	Rerata perlk
1	D	B	A	C	E				
	5	5	8	10	12	40	8	A = 38	7,6
2	B	A	C	E	D				
	4	7	8	12	4	35	7	B = 15	3,75
3	A	C	E	D	B				
	7	9	10	3	(-)	29	7,25	C = 36	9
4	C	E	D	B	A				
	(-)	11	4	3	8	29	6,5	D = 20	4
5	E	D	B	A	C				
	9	4	3	8	9	26	6,6	E = 54	10,8
Total kolom	25	36	33	36	33	163			
Rerata kolom	6,25	7,2	6,2	7,2	8,25		6,52		

Keterangan:

Tanda (-): Data hilang dicabut orang

Ditanyakan:

1. Buatkan analisis ragamnya ($\propto$=1%), apa ada beda nyata antar rata-rata kolom, rata-rata deret, rata-rata perla-kuan.
2. Bila dari data di atas X_{413} (perlakuan C pada deret 4 kolom 1) hilang, dan X_{352} (Perlakuan B pada deret 3 dan kolom 5), berapa besar dugaannya.
3. Berapa efisiensi rancangan ini bila dibanding dengan rancangan RALK.
4. Berapa angka ulangan efektif B dan C apabila selain X_{413} juga X_{352} hilang.

Tahap 2. Menghitung data yang hilang terlebih dahulu

$$X_{ijk\ s\ (sementara)} = \frac{\Sigma X'_{..2}}{n-1}$$

Keterangan:

$T'_{..2}$ = Total perlakuan ke-2 dikurangi X_{352} yang hilang (total dari (n-1) ulangan)

X_{ijk} = Deret ke-i, kolom ke-j dan perlakuan ke-k

$$X_{352\ sementara} = \frac{15}{5-1} = 3{,}75$$

$$X_{413\ sementara} = \frac{n(\Sigma X'_{4..} + \Sigma X'_{.1.} + \Sigma X'_{..3}) - 2(\Sigma\Sigma X'_{...} + X'_{352\ s})}{(n-1)(n-2)}$$

$$= \frac{5(36 + 25 + 26) - 2(163 + 3{,}75)}{(5-1)(5-2)}$$

$$= 8{,}458$$

$$X_{352\ fixed} = \frac{n(\Sigma X'_{3..} + \Sigma X'_{.5.} + \Sigma X'_{..2}) - 2(\Sigma\Sigma X'_{...} + X'_{413\ s})}{(n-1)(n-2)}$$

$$= \frac{5(15 + 33 + 29) - 2(163 + 8{,}458)}{(5-1)(5-2)}$$

$$= 3{,}506$$

$$X_{413\ fixed} = \frac{n\left(\Sigma X'_{4..} + \Sigma X'_{.1.} + \Sigma X'_{..3}\right) - 2(\Sigma\Sigma X'_{...} + X'_{352\ f})}{(n-1)(n-2)}$$

$$= \frac{5(36 + 25 + 26) - 2(163 + 3{,}506)}{(5-1)(5-2)}$$

$$= 8{,}498$$

Tahap 3. Melengkapi data ke dalam Tabel 9.6 berikut

Tabel 9.6. Pengamatan Jumlah Buah Tanaman Kentang

	Kolom					Total deret	Rerata deret	Total perlk.	Rerata perlk.
	1	2	3	4	5				
1	D 5	B 5	A 8	C 10	E 12	40	8	A = 38,0	7,60
2	B 4	A 7	C 8	E 12	D 4	35	7	B = 18,5	3,70
Deret 3	A 7	C 9	E 10	D 3	B 3,51	32,51	8,12	C = 44,5	8,89
4	C 8,49	E 11	D 4	B 3	A 8	34,49	8,62	D = 20,0	4,00
5	E 9	D 4	B 3	A 8	C 9	26	6,6	E = 54,0	10,80
Total kolom	33,5	36	33	36	36,5	175,0			
Rerata kolom	6,69	7,2	6,2	7,2	7,30		7,0		

Tahap 4. Menghitung jumlah kuadrat (JK)

1. Faktor koreksi (FK) = $\dfrac{(\Sigma\Sigma X_{...})^2}{\text{n x n}} = \dfrac{175^2}{5 \text{ x } 5}$

2. JK perlakuan (JKT) $= \dfrac{\Sigma(X_{..k})^2}{n}$ - FK

$= \dfrac{38^2 + ... + 54^2}{5} - \dfrac{175^2}{5 \text{ x } 5}$

= 1416,5307 – 1225,0810

= 191,4497

3. JK deret (JKD) $= \dfrac{\Sigma(X_{i..})^2}{n}$

$= \dfrac{40^2 + ... + 33^2}{5} - \dfrac{175^2}{5 \text{ x } 5}$

= 1227,1858 – 1225,0810

= 2,1048

4. JK kolom (JKK) $= \dfrac{\Sigma(X_{.j.})^2}{n}$

$= \dfrac{33{,}49^2 + ... + 36{,}51^2}{5} - \dfrac{175^2}{5 \text{ x } 5}$

= 1232,1743 – 1225,0810

= 7,0932

5. JK total (Jkt) $= \Sigma\Sigma(T_{ij})^2$ - FK

$= 5^2 + 4^2 + ... + 9^2 - \dfrac{175^2}{5 \text{ x } 5}$

= 1431,5289 – 1225,0810
= 206,4479

6. JK galat (JKG) = JKt - JKT - JKD - JKK
= 206,4479 – 191,4497 – 2,1048 – 7,0932
= 5,8

Tahap 5. Menghitung derajad bebas (DB)

1. DB total (DBt) = (n^2 - 1 - 2) = (5^2 - 1 - 2) = 22
2. DB perlakuan (DBT) = (n - 1) = 5 - 1 = 4
3. DB deret (DBD) = (n - 1) = 5 - 1 = 4
4. DB kolom (DBK) = (n - 1) = 5 - 1 = 4
5. DB galat (DBG) = Dbt - DBT - DBD – DBK = 22 - 4 - 4 – 4 = 10

Tahap 6. Menghitung kuadrat tengah (KT)

1. KT perlakuan (KTT) = $\frac{\text{JKT}}{\text{DBT}} = \frac{191{,}4497}{4} = 47{,}8624$
2. KT deret (KTD) = $\frac{\text{JKD}}{\text{DBD}} = \frac{2{,}1048}{4} = 0{,}5262$
3. KT kolom (KTK) = $\frac{\text{JKK}}{\text{DBK}} = \frac{7{,}0932}{4} = 1{,}7733$
4. KT galat (KTG) = $\frac{\text{JKG}}{\text{DBG}} = \frac{58}{10} = 0{,}5800$

Tahap 7. Menghitung F hitung

1. F hitung perlakuan = $\frac{\text{KTT}}{\text{KTG}} = \frac{47{,}8624}{0{,}58}$ = 82,521
2. F hitung deret = $\frac{\text{KTD}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}5262}{0{,}58}$ = 0,907
3. F hitung kolom = $\frac{\text{KTK}}{\text{KTG}} = \frac{1{,}7733}{0{,}58}$ = 3,057

Tahap 8. Menyusun hasil perhitungan ke tabel analisis ragam

Tabel 9.7. Analisis Ragam RBL (2 *Missing* Data)

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	4	191,4497	47,8624	82,521 *	2,61
Deret	4	2,1048	0,5262	0,907 ns	2,61
Kolom	4	7,0932	1,7732	3,057 *	2,61
Galat	10	5,8000	0,5800		
Jumlah	22	206,4479			

Keterangan = * = Beda nyata, ns = Tidak berbeda nyata

Kesimpulan:

- F hitung perlakuan (82,521) > F tabel-nya (2,61): ada beda nyata antar rata-rata perlakuan
- F hit Deret (0,907) < F tabel-nya (2,61): tidak ada beda nyata antar rata-rata deret
- F hit kolom (3,057) < F tabel-nya (2,61): ada beda nyata antar rata-rata kolom

Uji perbedaan antar perlakuan:

1. Untuk membandingkan 2 rata-rata perlakuan salah satunya mengandung *missing* data sebagai berikut.

   BNT ∝% = t tabel ∝% DB (10) $\sqrt{\frac{\mathrm{KTG_{RBL}}}{n}\left[2+\frac{n}{(n-1)(n-2)}\right]}$

   $= 2{,}228 \sqrt{\frac{0{,}58}{5}\left[2+\frac{5}{(5-1)(5-2)}\right]}$

   = 1,1796

2. Untuk membandingkan 2 rata-rata perlakuan yang keduanya mengandung *missing* data.

   Ulangan efektif untuk perlakuan B dan C sebagai berikut.

	k_B	k_C
1	2/3	0
2	1	2/3
3	1	1
4	2/3	1
5	0	2/3
Jumlah	10/3	10/3

   BNT ∝% = t tabel ∝% DB (10) $\sqrt{\mathrm{KTG_{RBL}}\left(\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}\right)}$

   $= 0{,}228 \sqrt{0{,}58\left(\frac{3}{10}+\frac{3}{10}\right)}$

   = 1,3143

3. Untuk membandingkan 2 rata-rata perlakuan yang keduanya tidak mengandung *missing* data.

   BNT $\propto$% = t tabel $\propto$% DB (10) $\sqrt{\frac{2 \text{ x } KTG_{RBL}}{k}}$

   $= 2{,}228 \sqrt{\frac{2 \text{ x } 0{,}58}{5}}$

   = 1,0731

Perbandingan antara rata-rata perlakuan A dan B, C, D, E

1. $|A - B| = |7{,}6 – 3{,}70| = 3{,}9$
   $|A - B| = 3{,}9 > \text{BNT } 5\% = 1{,}179$
   Kesimpulan: Ada beda nyata antara rata-rata perlakuan A dan B

2. $|A - C| = |7{,}6 – 8{,}89| = 1{,}29$
   $|A - C| = 1{,}29 > \text{BNT } 5\% = 1{,}179$
   Kesimpulan: Ada beda nyata antara rata-rata perlakuan A dan C

3. $|A - D| = |7{,}6 - 4| = 3{,}6$
   $|A - D| = 3{,}6 > \text{BNT } 5\% = 1{,}073$
   Kesimpulan: Ada beda nyata antara rata-rata perlakuan A dan D

4. $|A - E| = |7{,}6 – 10{,}8| = 3{,}2$
   $|A - E| = 3{,}2 > \text{BNT } 5\% = 1{,}073$
   Kesimpulan: Ada beda nyata antara rata-rata perlakuan A dan E

Perbandingan antara rata-rata perlakuan B dan C, D, E

5. $|B - C| = |3{,}70 – 8{,}89| = 6{,}19$
   $|B - C| = 6{,}19 > \text{BNT } 5\% = 1{,}314$
   Kesimpulan: Ada beda nyata antara rata-rata perlakuan B dan C

6. $|B - D| = |3.70 - 4| = 0,3$
$|B - D| = 0,3 < BNT\ 5\% = 1,179$
Kesimpulan: Tidak ada beda nyata antara rata-rata perlakuan B dan D

7. $|B - E| = |3,7 - 10,8| = 7,1$
$|B - E| = 7,1 > BNT\ 5\% = 1,179$
Kesimpulan: Ada beda nyata antara rata-rata perlakuan B dan E

Perbandingan antara rata-rata perlakuan C dan D, E

8. $|C - D| = |8,89 - 4,00| = 4,89$
$|C - D| = 4,89 > BNT\ 5\% = 1,179$
Kesimpulan: Ada beda nyata antara rata-rata perlakuan C dan D

9. $|C - E| = |8,89 - 10,8| = 1,99$
$|C - E| = 1,99 > BNT\ 5\% = 1,179$
Kesimpulan: Ada beda nyata antara rata-rata perlakuan C dan E

Perbandingan antara rata-rata perlakuan D dan E

10. $|D - E| = |4 - 10,8| = 6,8$
$|D - E| = 6,8 > BNT\ 5\% = 1,073$
Kesimpulan: Ada beda nyata antara rata-rata perlakuan D dan E

Uji efisiensi RBL terhadap RALK:

$DB_{RALK} = (n-1)(n-1) = (5-1)(5-1) = 16$

$$\text{Jadi h} = \frac{(DB_{RALK} + 3)(DB_{RBL} + 1)}{(DB_{RALK} + 1)(DB_{RBL} + 3)} = \frac{(16 + 3)(10 + 1)}{(16 + 1)(10 + 3)} = 0,945$$

Bila deret disamakan dengan blok:

$$\mathrm{KTG_{RALK}} = \frac{\mathrm{JKK} + (\mathrm{n}-1)^2\ \mathrm{KTG_{RBL}}}{\mathrm{n}\ (\mathrm{n}-1)} = \frac{7{,}093 + 16(0{,}58)}{5\ (5-1)} = 0{,}8186$$

$$\mathrm{I} = \mathrm{RE_{RBL-RALK}} = \mathrm{h} \times \frac{\mathrm{KTG_{RALK}}}{\mathrm{KTG_{RBL}}} \times 100\%$$

$$= 0{,}945 \times \frac{0{,}8186}{0{,}58} \times 100\% = 133{,}48\%$$

Jadi penggunaan RBL lebih efisien 33,48% dibandingkan penggunaan RALK.

BAB 10
TRANSFORMASI DATA

10.1. Pendahuluan

Transformasi adalah cara merubah suatu data ke data yang lain dengan harapan kestabilan ragam akan terpenuhi sehingga proses pengujian dapat mendekati kesahihan (valid). Agar analisis ragam (varians) dapat dilakukan, maka harus dipenuhi persyaratan bahwa semua perlakuan dalam percobaan mempunyai ragam yang homogen. Pada percobaan-percobaan yang ragamnya tergantung atas perlakuannya, biasanya disebabkan oleh kurang normalnya distribusi maka perlu dilakukan usaha-usaha agar analisis ragam dapat dilakukan.

Sering terjadi bahwa variabilitas petak-petak homogen jauh lebih besar dari petak-petak perlakuan. Agar percobaan ini dapat dianalisis maka kontrolnya dihilangkan (didrop), dan dengan asumsi bahwa perlakuan-perlakuan yang tinggal memiliki ragam yang homogen.

Cara lain yaitu perlakuan-perlakuan dibagi menjadi dua kelompok atau lebih dan di dalam masing-masing kelompok variansnya homogen. Dalam hal ini analisis ragam dibuat pada masing-masing kelompok perlakuan.

Sering terjadi bahwa ragam dari perlakuan menunjukkan adanya hubungan dengan masing-masing rerata perlakuannya. Hal ini disebabkan karena distribusinya kurang normal. Dalam hal ini perlu dilakukan transformasi dari data percobaannya agar penyebaran menjadi normal.

Kegunaan:

Kegunaan dari transformasi adalah mengubah skala pengukuran asal ke dalam skala baru sesuai transformasi yang digunakan sehingga membuat analisis menjadi sahih.

Kegunaan lainnya, yaitu:

(1) Transformasi akan mampu membuat data menyebar mendekati sebaran normal (distribusi normal),

(2) Ragam dari peubah transformasi tidak akan dipengaruhi oleh perubahan dari rerata perlakuan sebagai akibat perubahan skala,

(3) Transformasi mampu membuat pengaruh nyata dari perlakuan menjadi linier aditif.

10.2. Macam Transformasi Data

10.2.1. Transformasi akar kuadrat ($\sqrt{\mathrm{X}}$)

Transformasi akar kuadrat cocok untuk data yang mengandung semua nilai-nilai yang kecil. Misalnya dalam perhitungan jumlah uret per satuan luas tanah, rumput liar dalam suatu petak, atau jumlah varietas tanaman tertentu pada suatu daerah. Dalam hal ini transformasi dilakukan dengan mengakarkan data asli yang diperoleh. Transformasi akar kuadrat cocok untuk data persentase dimana wilayahnya antara 0 sampai dengan 30%, untuk nilai-nilai persentase dengan wilayah yang lain dapat mengikuti ketentuan transformasi Arc. Sin. Apabila datanya ada yang kecil sekali, bahkan nol maka transformasinya yaitu: $\sqrt{\mathrm{X}+0{,}5}$

Contoh:

Perlakuan dosis pupuk N dengan aras 0, 2, dan 4 g/stek dengan ulangan masing-masing 10 terhadap stek nilam. Pengamatan dilakukan 2 minggu setelah perlakuan terhadap stek yang berakar. Data pengamatan diperoleh persentase stek berakar sebagai berikut.

Tabel 10.1. Persentase Stek Berakar (%)

Dosis Pupuk N	Ulangan		
(g/stek)	1	2	3
0	10	10	10
2	10	10	20
4	5	5	5

Data pada Tabel 10.1 tersebut apabila ditransformasikan ke akar kuadrat, maka akan berubah menjadi seperti pada Tabel 10.2 berikut.

Tabel 10.2. Persentase Stek Berakar (Skala Akar Kuadrat)

Dosis Pupuk N	Ulangan		
(g/stek)	1	2	3
0	3,162	3,162	3,162
2	3,162	3,162	4,472
4	2,236	2,236	2,236

10.2.2. Transformasi logaritma (log x)

Transformasi logaritma lebih tepat untuk data yang mempunyai simpangan baku proposional (sebanding) terhadap reratanya. Kondisi ini secara umum ditentukaan oleh data yang mengambil seluruh nilai dan mencakup wilayah yang luas, seperti jumlah larva per tanaman atau per satuan luas. Bila ada data yang sangat kecil (kurang dari 10) atau nol, maka nilai tersebut perlu ditambah satu sebelum dilakukan tranformasi, sehingga transformasi dirubah menjadi log (x+1), bukan log x.

Contoh :

Perlakuan pengendalian ulat penggerek batang tanaman jagung dengan 3 perlakuan konsentrasi pestisida Curacron masing-masing yaitu konsentasi 0, 200 dan 400 ppm pada umur tanaman 45 hari setelah tanam. Setelah umur 60 hari diamati jumlah larva per tanaman dengan data seperti pada Tabel 10.3 sebagai berikut:

Tabel 10.3. Jumlah Larva per Tanaman

Konsentrasi Curacron (ppm)	Ulangan		
	1	2	3
0	30	5	10
200	10	30	20
400	0	0	5

Data pada Tabel 10.3 tersebut apabila ditransformasikan ke Arc Sin, maka akan berubah menjadi data seperti pada Tabel 10.4 berikut.

Tabel 10.4. Jumlah Larva per Tanaman (Skala Log)

Konsentrasi Curacron (ppm)	Ulangan		
	1	2	3
0	1,491	0,698	1,041
200	1,041	1,477	1,301
400	0,000	0,000	0,698

10.2.3. Transformasi Arc. Sin ($\mathrm{Sin}^{-1}\sqrt{X}$)

Umumnya data yang berbentuk persentase, penyebarannya tidak normal. Oleh karena itu, bila jarak (*range*) dari data di luar 30% - 70%, transformasi perlu dilakukan. Transformasi Arc. Sin dilakukan dengan menggunakan Tabel Arc. Sin (Lampiran 4).

Transformasi hanya dilakukan bila jelas ada petunjuk bahwa varians dalam masing-masing perlakuannya tergantung atas rerata perlakuan masing-masing.

Untuk nilai 0%, digantikan dengan 1/(4n) dan untuk nilai 100%, digantikan dengan (100 - 1/(4n)) sebelum dilakukan transformasi. Di sini n adalah jumlah satuan percobaan dari data persentase diperoleh.

Beberapa ketentuan untuk data persentase yaitu:

1. Hanya data persentase yang diturunkan dari nisbah atau ratio terhadap jumlah data.

   Contoh:
   a. Persentase gabah hampa per malai terhadap jumlah gabah keseluruhan per malai.
   b. Persentase tanaman terserang penyakit dari seluruh tanaman yang ditanam.

   Transformasi Arc. Sin tidak dapat digunakan untuk jenis persentase lain seperti:
   a. Persentase karbohidrat,
   b. Persentase protein,
   c. Persentase lemak,

   dimana data tersebut tidak diturunkan dari jumlah data tetapi dari satu data saja.

2. Data persentase yang berada dalam wilayah 30-70%, tidak perlu transformasi.

3. Untuk data persentase yang berada dalam salah satu wilayah 0-30% atau 70-100%, tetapi tidak pada keduanya maka lebih tepat digunakan transformasi akar kuadrat.

4. Untuk data persentase yang tidak mengikuti ketentuan 2 atau 3, maka gunakan transformasi Arc. Sin.

Contoh:

Data persentase biji padi berkecambah dari pengaruh perlakuan perendaman dalam konsentrasi NAA yaitu: 0, 100 dan 200 pmm selama

24 jam (sehari semalam). Setiap ulangan dikecambahkan 20 biji. Setelah 3 hari dari perendaman diamati biji yang berkecambah.

Tabel 10.5. Persentase Biji Berkecambah (%)

Konsentrasi NAA (ppm)	Ulangan		
	1	2	3
0	20	20	30
200	70	80	70
400	60	60	70

Data pada Tabel 10.5 tersebut bila ditransformasikan ke Arc. Sin, maka akan berubah menjadi seperti pada Tabel 10.6 berikut.

Tabel 10.6. Persentase Biji Berkecambah (Skala Arc. Sin)

Konsentrasi NAA (ppm)	Ulangan		
	1	2	3
0	26,56	26,56	33,21
200	56,79	63,44	56,79
400	50,77	50,77	56,79

BAB 11
KONTRAS ORTHOGONAL DALAM RAL

11.1. Pendahuluan

Kontras orthogonal artinya perbandingan antar kelompok perlakuan, dimana antar perlakuan kontras terhadap sesamanya. Sebagai contoh yaitu: kelompok perlakuan tertentu ingin dibandingkan dengan tanpa perlakuan (kontrol). Disamping itu, di dalam perlakuan sendiri dapat dikelompok-kelompokan lagi menjadi kelompok yang lebih kecil yang didasarkan atas: macam, sifat, asal-usulnya, dan lain-lain.

Contoh: Suatu percobaan dengan 4 perlakuan macam pupuk dan ditambah 1 perlakuan tanpa pupuk (kontrol). Dimisalkan 4 perlakuan tersebut yaitu pupuk urea, ZA, TSP dan SP 36. Dalam hal ini secara keseluruhan ada 3 kelompok , yaitu kelompok perlakuaan pertama yaitu kontrol, kelompok kedua yaitu Urea dan ZA (sama-sama mengandung unsur nitrogen), kelompok ketiga yaitu TSP dan SP 36 (sama-sama mengandung unsur Sulfur). Selanjutnya di dalam satu kelompokpun dapat dibandingkan, misalnya antara perlakuan urea dan ZA maupun antar perlakuan TSP dan SP 36. Jadi dalam hal ini antar kelompok yang satu kontras terhadap kelompok perlakuan yang lain.

Dapat juga terjadi pada suatu percobaan yang menggunakan dua faktor tetapi tidak disebut sebagai suatu percobaan faktorial, karena antar kedua faktor tidak pernah terjadi interaksi.

Contoh: Percobaan dengan menggunakan perlakuan macam dan dosis pupuk. Pupuk yang digunakan yaitu: urea dan TSP, sedangkan perlakuan dosis pupuknya, yaitu: 100, 200 dan 300 kg/ha. Dalam hal ini masing-masing pupuk mempunyai dosis sendiri-sendiri dengan kandungan unsur atau bahan aktif yang berbeda. Antar dosis pupuk dari kedua macam pupuk tidak pernah dikombinasikan sehingga antar dosis pupuk urea dan TSP tidak berinteraksi, sehingga dalam percobaan ini dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok perlakuan. Kelompok pertama yaitu: antar macam pupuk dan kelompok kedua yaitu: antar dosis dalam masing-masing jenis pupuk.

Untuk contoh percobaan di atas apabila digunakan RAL, maka pengacakan perlakuan dilakukan secara menyeluruh terhadap semua perlakuan yang ada, termasuk apabila ada kontrol. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada teladan berikut.

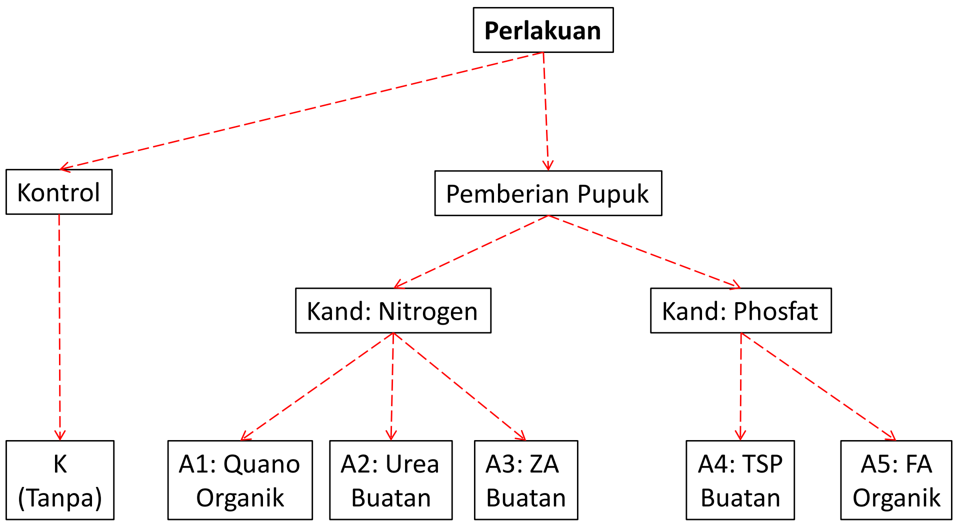
11.2. Teladan

11.2.1. RAL + 1 kontrol

Suatu penelitian lapangan dengan judul "Pengaruh Pupuk Alam dan Buatan terhadap Pertumbuhan Ketela Rambat" menggunakan percobaan faktor tunggal yang disusun dalam RAL.

Perlakuan yang dimaksud yaitu: pupuk quano, urea, ZA, TSP dan FA serta ditambah 1 kontrol, masing-masing diulang 3 kali sehingga diperoleh 6 x 3 = 18 petak/plot. Masing-masing petak perlakuan terdiri dari 4 sampel tanaman, sehingga keseluruhan dibutuhkan tanaman sebanyak 6 x 3 x 4 = 54 tanaman.

Penelitian ini dilakukan selama 3,5 bulan dengan tanaman indikator ketela rambat dan parameter yang diamati jumlah umbi per tanaman.



Keterangan:

K = 0 ton/ha; A1 & A5 = 9 ton/ha; A2, A3 & A4 = 1 ton/ha

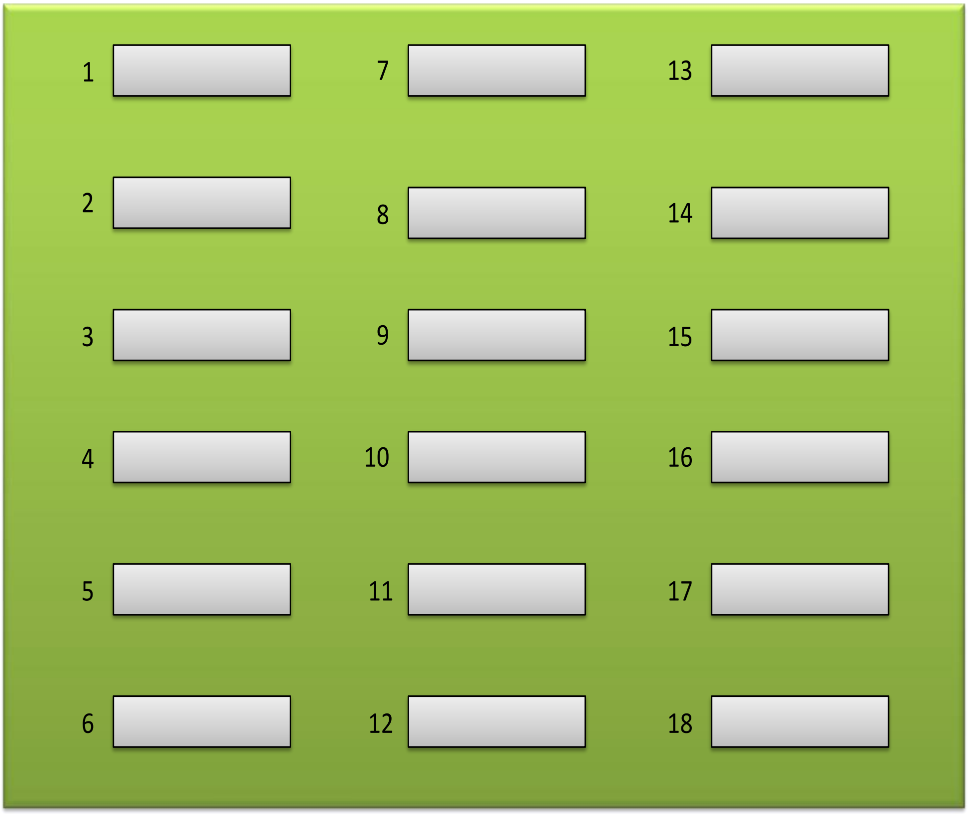
Masing-masing perlakuan diulang 3 x

Gambar 11.1. Bagan Alur Perlakuan Pemberian Pupuk dan Kontrol

Perlakuan, kontrol dan Ulangan

1. Kontrol	K:	K (1),	K(2),	K(3)
2. Perlakuan	A1:	A1 (1),	A1 (2),	A1 (3)
3. Perlakuan	A2:	A2 (1),	A2 (2),	A2 (3)
4. Perlakuan	A3:	A3 (1),	A3 (2),	A3 (3)
5. Perlakuan	A4:	A4 (1),	A4 (2),	A4 (3)
6. Perlakuan	A5:	A5 (1),	A5 (2),	A5 (3)

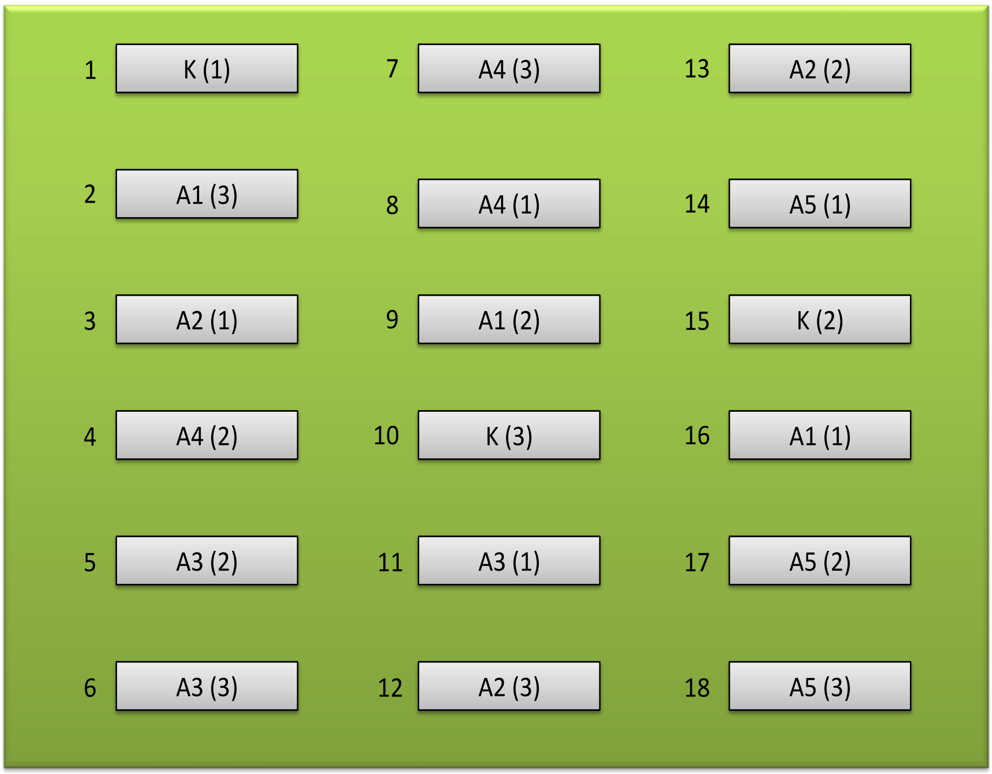
Persiapan Pengacakan Perlakuan



Gambar 11.2. Persiapan Pengacakan Perlakuan dan Kontrol dalam RAL

Jumlah perlakuan dan kontrol ada 6 dan diulang 3 kali, maka dibutuhkan 18 petak perlakuan seperti Gambar 11.2 di atas. Selanjutnya setiap petak perlakuan diberi nomor urut 1 s/d 18 untuk menempatkan hasil pengacakan (*random*) dari pengambilan 1 hingga 18.

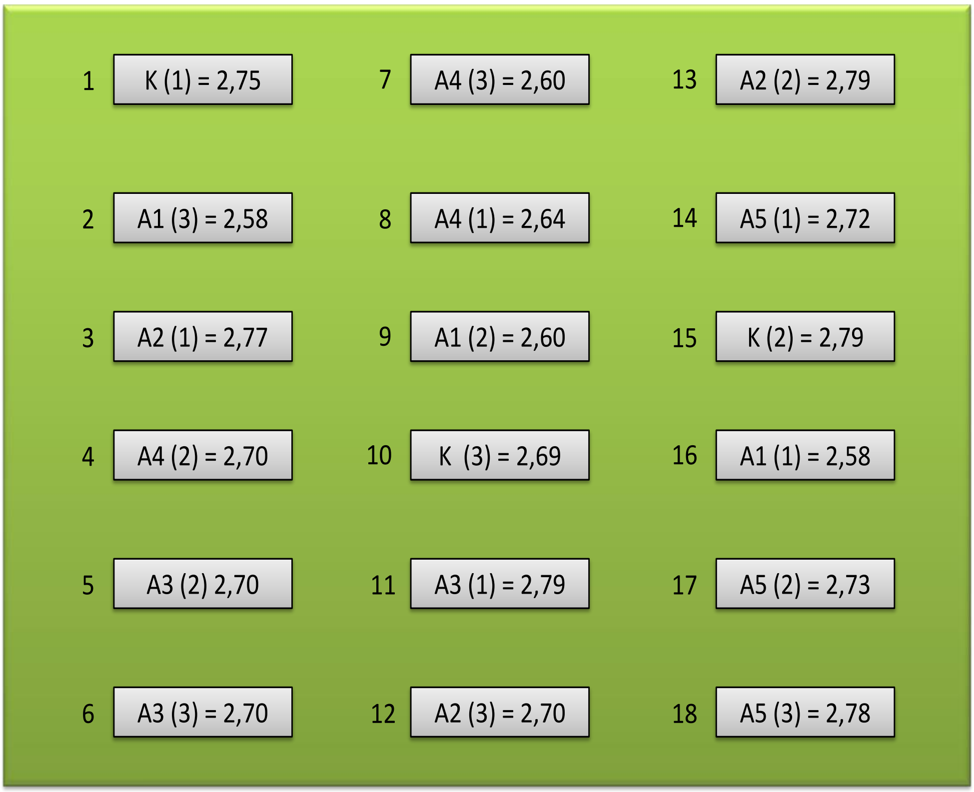
Tata Letak Perlakuan



Gambar 11.3. Hasil pengacakan perlakuan dan Kontrol dalam RAL

Hasil pengacakan pada Gambar 11.3 di atas menunjukkan gambaran tentang tata letak masing-masing perlakuan dan kontrol di lapangan. Untuk memudahkan pelaksanaan dan pengamatan percobaan, maka masing-masing petak perlakuan diberi label sesuai kode perlakuannya.

Data Pengamatan: Jumlah Umbi



Gambar 11.4. Hasil Pengamatan Jumlah Umbi pada masing-masing Petak Perlakuan

Hasil pengamatan terhadap rerata jumlah umbi pada masing-masing petak perlakuan dapat dilihat pada Gambar 11.4 di atas. Gambar 11.4 menjelaskan pengaruh perlakuan terhadap jumlah umbi yang dihasilkan. Selanjutnya data perlu disusun kembali untuk memudahkan analisis data seperti pada Tabel 11.1 berikut.

Tahap 1 : Penyusunan data dari pengamatan lapangan

Tabel 11.1. Rerata Jumlah Umbi per Tanaman

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
Kontrol (K)	2,69	2,75	2,79	8,23	2,74
Guano (A_1)	2,58	2,60	2,58	7,76	2,58
Urea (A_2)	2,77	2,79	2,70	8,26	2,75
ZA (A_3)	2,79	2,70	2,70	8,19	2,73
TSP (A_4)	2,64	2,70	2,60	7,94	2,64
FA (A_5)	2,72	2,73	2,78	8,23	2,74
Jumlah				48,61	2,70

Tahap 2 : Perhitungan faktor koreksi (FK) dan jumlah kuadrat (JK)

1. Faktor koreksi (FK) = $\dfrac{(\Sigma\Sigma X_{..})^2}{(A + \text{kontrol}) \text{ x k}} = \dfrac{(48{,}61)^2}{(5+1) \text{ x } 3}$ = 131,274

2. JK total (JKt) = $\Sigma\Sigma\, X_{ij}^2$ - FK
   = $(2{,}69^2 + ... + 2{,}78^2)$ - 131,274
   = 131,365 – 131,274
   = 0,0918

3. JK perlakuan (JKP) = $\dfrac{\Sigma\, X_{i.}^{\ 2}}{k}$ – FK

   = $\dfrac{(8{,}23^2 + ... + 8{,}23^2)}{3}$ – 131,274

   = 131,343 - 131,274

   = 0,0695

Tabel 11.2. Perbandingan antar Kelompok Perlakuan (Orthogonal Kontras)

Perlakuan	Kontrol (K)	Guano (A_1)	Urea (A_2)	ZA (A_3)	TSP (A_4)	FA (A_5)
K x $A_1A_2A_3A_4A_5$	5	-1	-1	-1	-1	-1
$A_1A_2A_3$ x A_4A_5	0	-2	-2	-2	3	3
A_1 x A_2A_3	0	-2	1	1	0	0
A_2 x A_3	0	0	-1	1	0	0
A_4 x A_5	0	0	0	0	-1	1
Total ($\Sigma X_{.j}$)	8,23	7,76	8,26	8,19	7,94	8,23

Perhitungan jumlah kuadrat untuk kotras orthogonal:

1. L (K x A_1 A_2 A_3 A_4 A_5) = $\sum$ (5 x 8,23) +...+ (-1 x 8,23) = 0,77
   K (K x A_1 A_2 A_3 A_4 A_5) = $\sum$ (5^2 + -1^2 + -1^2 + ... + -1^2) = 30

   $$\text{JK (K x } A_1 A_2 A_3 A_4 A_5) = \frac{\text{L (K x } A_1\ A_2\ A_3\ A_4\ A_5)^2}{\text{K (K x } A_1\ A_2\ A_3\ A_4\ A_5) \text{ x ulangan}}$$

   $$= \frac{0{,}77^2}{30 \text{ x } 3} = 0{,}00658$$

2. L (A_1 A_2 A_3 x A_4 A_5) = $\sum$ (-2 x 7,76) + ... + (3 x 8,23) = 0,09
   K (A_1 A_2 A_3 x A_4 A_5) = $\sum$ (-2^2 + -2^2 + -2^2 + 3^2 + 3^2) = 30

   $$\text{JK } (A_1A_2A_3 \text{ x } A_4A_5) = \frac{\text{L } (A_1\ A_2\ A_3 \text{ x } A_4\ A_5)^2}{\text{K } (A_1\ A_2\ A_3 \text{ x } A_4\ A_5) \text{ x ulangan}}$$

   $$= \frac{0{,}09^2}{30 \text{ x } 3} = 0{,}00009$$

3. L (A_1 x A_2A_3) = $\sum$ (-2 x 7,76) +...+ (1 x 8,19) = 0,93
   K (A_1 x A_2A_3) = $\sum$ (-2^2 + 1^2 + 1^2) = 6

$$JK\ (A_1 \times A_2A_3) = \frac{L\ (A_1\ x\ \ A_2\ A_3)^2}{K\ (\ A_1\ x\ A_2\ A_3)\ x\ ulangan}$$

$$= \frac{0{,}93^2}{6\ x\ 3} = 0{,}04805$$

4. $L\ (A_2 \times A_3) = \sum (-1 \times 8{,}26) + (1 \times 8{,}19) = -0{,}07$
   $K\ (A_2 \times A_3) = \sum (-1^2 + 1^2) = 2$

$$JK\ (A_2 \times A_3) = \frac{L\ (A_2\ x\ \ A_3)^2}{K\ (\ A_2\ x\ \ A_3)\ x\ ulangan}$$

$$= \frac{-0{,}07^2}{2\ x\ 3} = 0{,}00081$$

5. $L\ (A_4 \times A_5) = \sum (-1 \times 7{,}94) + (1 \times 8{,}23) = 0{,}29$
   $K\ (A_4 \times A_5) = \sum (-1^2 + 1^2) = 2$

$$JK\ (A_4 \times A_5) = \frac{L\ (A_4\ x\ \ A_5)^2}{K\ (\ A_4\ x\ \ A_5)\ x\ ulangan}$$

$$= \frac{0{,}29^2}{2\ x\ 3} = 0{,}01401$$

6. JK galat (JKG) = JKt - JKP = 0,0918 – 0,0695 = 0,0223

Tahap 3 : Perhitungan derajad bebas (DB)

1. DB perlakuan (DBP) = (A + K) - 1 = (5 + 1) - 1 = 5
2. DB kontras (DBK) = 1 (terdefinisi)
3. DB galat (DBG) = DBT - DBKP = 17 - 5 = 12

Tahap 4 : Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT perlakuan (KTP) $= \frac{\text{JKP}}{\text{DBP}} = \frac{0{,}0695}{5}$ = 0,01391

2. KT K x $A_1A_2A_3A_4A_5$ (KTK-1) = $\frac{\text{JK (K x } A_1\ A_2\ A_3\ A_4\ A_5)}{\text{DBK}}$

$= \frac{0{,}00658}{1}$ = 0,00658

3. KT A_1A_2A3 x A_4A_5 (KTK-2) $= \frac{\text{JK } (A_1\ A_2\ A_3 \text{ x } A_4\ A_5)}{\text{DBK}}$

$= \frac{0{,}00009}{1}$ = 0,00009

4. KT A_1 x A_2A_3 (KTK-3) $= \frac{\text{JK } (A_1 \text{ x } A_2\ A_3)}{\text{DBK}}$

$= \frac{0{,}048}{1}$ = 0,048

5. KT A_2 x A_3 (KTK-4) $= \frac{\text{JK } (A_2 \text{ x } A_3)}{\text{DBK}}$

$= \frac{0{,}00081}{1}$ = 0,00081

6. KT A_4 x A_5 (KTK-5) $= \frac{\text{JK } (A_4 \text{ x } A_5)}{\text{DBK}}$

$= \frac{0{,}01401}{1}$ = 0,01401

7. KT galat (KTG) $= \frac{\text{JKG}}{\text{DBG}} = \frac{0{,}02233}{12}$ = 0,00186

Tahap 5 : Perhitungan F hitung

1. F hitung perlakuan $= \frac{\mathrm{KTP}}{\mathrm{KTG}} = \frac{0{,}01391}{0{,}00186} = 7{,}475$

2. F hitung K x $A_1A_2A_3A_4A_5 = \frac{\mathrm{KTK-1}}{\mathrm{KTG}} = \frac{0{,}00658}{0{,}00186} = 3{,}539$

3. F hitung $A_1A_2A_3$ x $A_4A_5 = \frac{\mathrm{KTK-2}}{\mathrm{KTG}} = \frac{0{,}00009}{0{,}00186} = 0{,}048$

4. F hitung A_1 x $A_2A_3 = \frac{\mathrm{KTK-3}}{\mathrm{KTG}} = \frac{0{,}04805}{0{,}00186} = 25{,}817$

5. F hitung A_2 x $A_3 = \frac{\mathrm{KTK-4}}{\mathrm{KTG}} = \frac{0{,}00081}{0{,}00186} = 0{,}438$

6. F hitung A_4 x $A_5 = \frac{\mathrm{KTK-5}}{\mathrm{KTG}} = \frac{0{,}01401}{0{,}00186} = 7{,}531$

Tahap 6 : Penyusunan dari hasil Perhitungan ke tabel analisis ragam

Tabel 11.3. Analisis Ragam dalam RAL

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	5	0,06956	0,01391	7,475 *	3,11
K><A_1 A_2 A_3 A_4 A_5	1	0,00658	0,00658	3,539 ns	4,75
A_1 A_2 A_3 >< A_4 A_5	1	0,00009	0,00009	0,048 ns	4,75
A_1 >< A_2 A_3	1	0,04805	0,04805	25,817 *	4,75
A_2 >< A_3	1	0,00081	0,00081	0,438 ns	4,75
A_4 >< A_5	1	0,01401	0,01401	7,531 *	4,75
Galat	12	0,02233	0,00186		
Jumlah	17	0,09189			

Keterangan: ns = Tidak berpengaruh nyata, * = Berpengaruh nyata

Koefisien keragaman (KK) = $\frac{\sqrt{KTG}}{\dot{X}}$ x 100% = $\frac{\sqrt{0{,}00186}}{2{,}7}$ x 100% = 1,59%

Hal ini menunjukkan bahwa keragaman yang ditimbulkan oleh galat (faktor kesalahan) sebesar 1,59%.

Jadi dari Tabel 11.3 di atas dapat disimpulkan, bahwa :

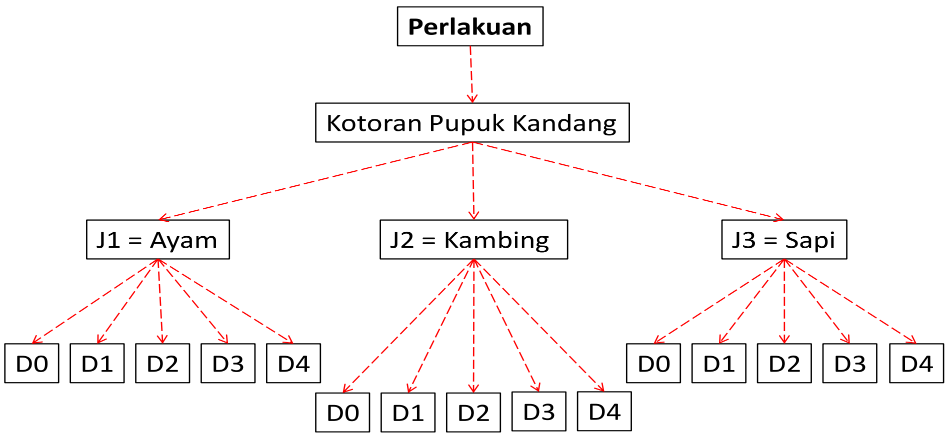
1. Ada 5 perbandingan yang dapat disusun
2. a. Antara kontrol dan perlakuan ada beda nyata
   b. Antara kelompok N dan P tidak ada beda nyata
   c. Antara kelompok N (alam) dan N (buatan) ada beda nyata
   d. Antara urea dan ZA tidak beda nyata
   e. Antara fosphat buatan (TSP) dan fosphat (alam) FA ada beda nyata.

11.2.2. RAL 2 faktor (bukan faktorial)

Suatu penelitian lapangan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari dua faktor.

Faktor pertama yaitu asal kotoran pupuk kandang (dengan simbul J) yang terdiri dari tiga aras yaitu: J_O = kotoran ayam , J_1 = Kotoran kambing dan J_2 = Kotoran sapi. Faktor kedua yaitu dosis kotoran pupuk kandang (dengan simbul D) yang terdiri dari lima aras yaitu: D_0 = Tanpa kotoran, D_1 =, D_2 = 10, D_3 = dan D_4 = 20 ton/ha. Sehingga diperoleh 3 x 5 = 15 perlakuan. Masing-masing perlakuan diulang tiga kali, sehingga diperlukan 3 x 5 x 3 = 45 petak atau plot percobaan. Masing-masing petak terdiri dari 4 sampel tanaman, sehingga keseluruhan dibutuhkan sebanyak 3 x 5 x 3 x 4 = 180 tanaman.

Penelitian dilakukan selama 3 bulan dan parameter yang diamati tinggi semai (cm). Adapun rerata tinggi semai (cm) pada Tabel 11.4.



Keterangan:

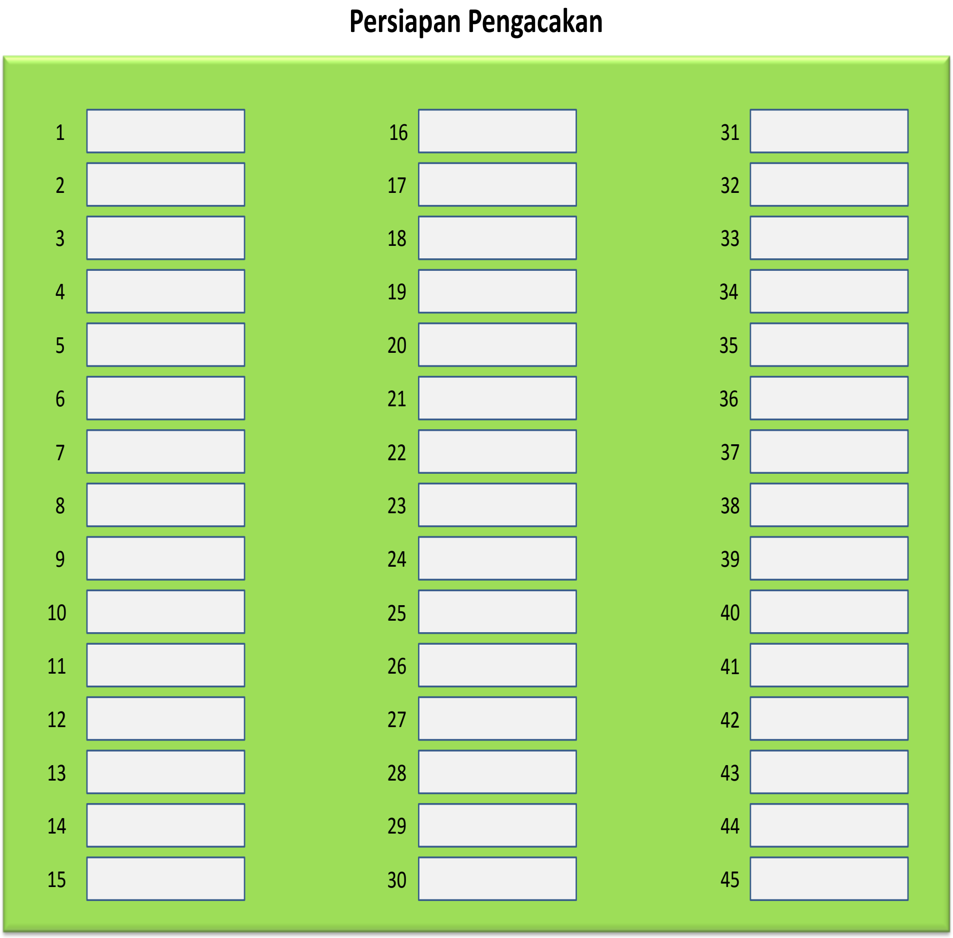
D0 = 0 t/ha; D1 = 5 t/ha; D2 = 10 t/ha; D3 = 15 t/ha dan D4 = 20 t/ha

Masing-masing perlakuan diulang 3 x

Gambar 11.5. Bagan Alur Perlakuan Kotoran Pupuk Kandang dan Dosinya

Perlakuan dan Ulangan

1. Perlakuan J1D0 : J1D0 (1), J1D0 (2), J1D0 (3)
2. Perlakuan J1D1 : J1D1 (1), J1D1 (2), J1D1 (3)
3. Perlakuan J1D2 : J1D2 (1), J1D2 (2), J1D2 (3)
4. Perlakuan J1D3 : J1D3 (1), J1D3 (2), J1D3 (3)
5. Perlakuan J1D4 : J1D4 (1), J1D4 (2), J1D4 (3)
6. Perlakuan J2D0 : J2D0 (1), J2D0 (2), J2D0 (3)
7. Perlakuan J2D1 : J2D1 (1), J2D1 (2), J2D1 (3)
8. Perlakuan J2D2 : J2D2 (1), J2D2 (2), J2D2 (3)
9. Perlakuan J2D3 : J2D3 (1), J2D3 (2), J2D3 (3)
10. Perlakuan J2D4 : J2D4 (1), J2D4 (2), J2D4 (3)
11. Perlakuan J3D0 : J3D0 (1), J3D0 (2), J3D0 (3)
12. Perlakuan J3D1 : J3D1 (1), J3D1 (2), J3D1 (3)
13. Perlakuan J3D2 : J3D2 (1), J3D2 (2), J3D2 (3)
14. Perlakuan J3D3 : J3D3 (1), J3D3 (2), J3D3 (3)
15. Perlakuan J3D4 : J3D4 (1), J3D4 (2), J3D4 (3)



Gambar 11.6. Persiapan Pengacakan Perlakuan dalam RAL

Jumlah perlakuan ada 15 dan diulang 3 kali, maka dibutuhkan 45 petak perlakuan seperti Gambar 11.2 di atas. Selanjutnya setiap petak perlakuan diberi nomor urut 1 s/d 45 untuk menempatkan hasil pengacakan (*random*) dari pengambilan 1 hingga 45.

Tata Letak Perlakuan

1	J1D4 (2)	16	J2D1 (1)	31	J1D3 (2)
2	J1D1 (1)	17	J1D2 (3)	32	J1D2 (2)
3	J1D1 (2)	18	J1D3 (1)	33	J1D0 (2)
4	J2D3 (1)	19	J3D0 (3)	34	J3D4 (2)
5	J2D1 (3)	20	J3D1 (1)	35	J2D3 (2)
6	J3D1 (2)	21	J1D3 (3)	36	J2D4 (3)
7	J3D2 (2)	22	J2D0 (2)	37	J3D0 (1)
8	J3D2 (1)	23	J3D1 (3)	38	J1D2 (1)
9	J1D4 (3)	24	J2D0 (1)	39	J3D0 (2)
10	J3D3 (3)	25	J1D0 (3)	40	J2D0 (3)
11	J2D4 (1)	26	J2D2 (3)	41	J2D2 (1)
12	J3D4 (1)	27	J1D1 (3)	42	J2D1 (2)
13	J2D3 (3)	28	J2D2 (2)	43	J2D4 (2)
14	J1D0 (1)	29	J3D3 (2)	44	J3D2 (3)
15	J3D3 (1)	30	J3D4 (3)	45	J1D4 (1)

Gambar 11.7. Hasil Pengacakan Perlakuan Kotoran Pupuk Kandang dan Dosis dalam RAL

Hasil pengacakan pada Gambar 11.7 di atas menunjukkan gambaran tentang tata letak masing-masing perlakuan dan kontrol di lapangan. Untuk memudahkan pelaksanaan dan pengamatan percobaan, maka masing-masing petak perlakuan diberi label sesuai kode perlakuannya.

Data Pengamatan: Tinggi Semai

1	J1D4 (2) = 3,000	16	J2D1 (1) = 2,333	31	J1D3 (2) = 3,166
2	J1D1 (1) = 2,333	17	J1D2 (3) = 2,333	32	J1D2 (2) = 2,666
3	J1D1 (2) = 2,500	18	J1D3 (1) = 3,166	33	J1D0 (2) = 2,666
4	J2D3 (1) = 3,166	19	J3D0 (3) = 2,500	34	J3D4 (2) = 2,666
5	J2D1 (3) = 2,666	20	J3D1 (1) = 2,833	35	J2D3 (2) = 2,333
6	J3D1 (2) = 3,000	21	J1D3 (3) = 2,666	36	J2D4 (3) = 2,666
7	J3D2 (2) = 3,000	22	J2D0 (2) = 2,000	37	J3D0 (1) = 3,000
8	J3D2 (1) = 2,833	23	J3D1 (3) = 3,500	38	J1D2 (1) = 2,333
9	J1D4 (3) = 2,833	24	J2D0 (1) = 2,833	39	J3D0 (2) = 2,833
10	J3D3 (3) = 3,000	25	J1D0 (3) = 2,500	40	J2D0 (3) = 2,333
11	J2D4 (1) = 3,000	26	J2D2 (3) = 2,500	41	J2D2 (1) = 2,333
12	J3D4 (1) = 3,000	27	J1D1 (3) = 2,833	42	J2D1 (2) = 2,833
13	J2D3 (3) = 2,500	28	J2D2 (2) = 2,500	43	J2D4 (2) = 2,833
14	J1D0 (1) = 2,166	29	J3D3 (2) = 2,500	44	J3D2 (3) = 2,666
15	J3D3 (1) = 2,166	30	J3D4 (3) = 2,666	45	J1D4 (1) = 2,500

Gambar 11.8. Hasil Pengamatan Tinggi Semai pada masing-masing Petak Perlakuan

Hasil pengamatan terhadap rerata tinggi semai pada masing-masing petak perlakuan dapat dilihat pada Gambar 11.8 di atas. Gambar 11.8 menjelaskan pengaruh perlakuan terhadap tinggi semai. Selanjutnya data disusun untuk memudahkan analisis data seperti pada Tabel 11.4 berikut.

Tahap 1 : Penyusunan kembali data dari lapangan

Tabel 11.4. Rerata Tinggi Semai (cm)

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
		Kotoran ayam (J_1)			
D_O	2,166	2,666	2,500	7,333	2,444
D_1	2,333	2,500	2,833	7,666	2,555
D_2	2,333	2,666	2,333	7,333	2,444
D_3	3,166	3,166	2,666	9,000	3,000
D_4	2,500	3,000	2,833	8,333	2,778
		Kotoran kambing (J_2)			
D_O	2,833	2,000	2,333	7,166	2,389
D_1	2,333	2,833	2,666	7,833	2,611
D_2	2,333	2,500	2,500	7,333	2,444
D_3	2,500	2,333	2,500	7,333	2,444
D_4	3,000	2,833	2,666	8,500	2,833
		Kotoran sapi (J_3)			
D_O	3,000	2,833	2,500	8,333	2,788
D_1	2,833	3,000	3,500	9,333	3,111
D_2	2,833	3,000	2,666	8,500	2,833
D_3	2,166	2,500	3,000	7,666	2,556
D_4	3,000	2,666	2,666	8,333	2,778
Jumlah	39,333	40,500	40,166	GT_1=120	2,667

Tahap 2 : Perhitungan faktor koreksi (FK) dan jumlah kuadrat (JK)

1. Faktor koreksi$_1$ (FK_1) = $\frac{(GT_1)^2}{k \times J \times D} = \frac{(120)^2}{3 \times 3 \times 5}$ = 320

2. JK total (JKt) = $\sum\sum X_{ijk}{}^2 - FK_1$
   = $(2{,}166^2 + ... + 2{,}666^2) - 320$

$= 324,166 - 320$
$= 4,166$

3. JK perlakuan (JKP) $= \dfrac{\Sigma X_{ij.}{}^2}{k} - FK_1$

$= \dfrac{(7,333^2 + \ldots + 8,333^2)}{3} - 320$

$= 2,1111$

Tabel 11.5. Penolong (J x D)

Asal Kotoran	Dosis Kotoran					Jumlah	Rerata
	D_O	D_1	D_2	D_3	D_4		
J_1	7,333	7,666	7,333	9,000	8,333	$GT_2 = 39,666$	2,644
J_2	7,166	7,833	7,333	7,333	8,500	$GT_3 = 38,166$	2,544
J_3	8,333	9,333	8,500	7,666	8,333	$GT_4 = 42,166$	2,811

4. JK antar kotoran (JKAK) $= \dfrac{(GT_2)^2 + (GT_3)^2 + (GT_4)^2}{k \times D} - FK_1$

$= \dfrac{\Sigma(39,666^2 + \ldots + 42,166^2)}{3 \times 5} - 320$

$= 0,5444$

Perhitungan untuk kotoran ayam (J_1):

1. Faktor Koreksi$_2$ (FK_2) $= \dfrac{(GT_2)^2}{k \times D} = \dfrac{(39,666)^2}{3 \times 5} = 104,896$

2. JK dalam dosis kotoran ayam (JKA) $= \dfrac{\Sigma X_{i.}{}^2}{k} - FK_2$

$= \dfrac{(7,333^2 + \ldots + 8,333^2)}{3} - 104,896$

$= 0,6962$

Tabel 11.6. Orthogonal Polinomial untuk Interval Perlakuan Sama pada Kotoran Ayam (J_1)

Trend regresi	Dosis Kotoran Ayam					Deviasi X^2
	D_O	D_1	D_2	D_3	D_4	
Linier	-2	-1	0	1	2	10
Kuadratik	2	-1	-2	-1	2	14
Kubik	-1	2	0	-2	1	10
Kuartik	1	-4	6	-4	1	70
Jumlah	7,333	7,666	7,333	9,000	8,333	

3. JK regresi (JKR) untuk ayam

a. JKR linier (JKR L)

$$= \frac{\sum\{(-2 \text{ x } \Sigma D_0) + \ldots + (2 \text{ x } \Sigma D_4)\}^2}{\text{k x } X^2{}_{\text{Linier}}}$$

$$= \frac{\{(-2 \text{ x } 7{,}333) + \ldots + (2 \text{ x } 8{,}333)\}^2}{3 \text{ x } 10}$$

$= 0{,}3703$

b. JKR kuadratik (JKR Q)

$$= \frac{\sum\{(2 \text{ x } \Sigma D_0) + \ldots + (2 \text{ x } \Sigma D_4)\}^2}{\text{k x } X^2{}_{\text{Kuadratik}}}$$

$$= \frac{\{(2 \text{ x } 7{,}333) + \ldots + (2 \text{ x } 8{,}333)\}^2}{3 \text{ x } 14}$$

$= 0{,}0000$

c. JKR kubik (JKK K)

$$= \frac{\sum\{(-1 \text{ x } \Sigma D_0) + \ldots + (1 \text{ x } \Sigma D_4)\}^2}{\text{k x } X^2{}_{\text{Kubik}}}$$

$$= \frac{\{(-1 \text{ x } 7{,}333) + \ldots + (1 \text{ x } 8{,}333)\}^2}{3 \text{ x } 10}$$

$= 0{,}0925$

d. JKR kuartik (JKR R) $= \frac{\sum\{(1 \text{ x } \Sigma D_0) + ... + (1 \text{ x } \Sigma D_4)\}^2}{\text{k x } X^2{}_{\text{Kuartik}}}$

$= \frac{\{(1 \text{ x } 7{,}333) + ... + (1 \text{ x } 8{,}333)\}^2}{3 \text{ x } 70}$

$= 0{,}2333$

Perhitungan untuk kotoran kambing (J_2):

1. Faktor koreksi$_3$ (FK_3) = $\frac{(GT_3)^2}{\text{k x D}} = \frac{(38{,}166)^2}{3 \text{ x } 5} = 97{,}1129$

2. JK dalam dosis kotoran kambing (JKK) = $\frac{\Sigma X_{.j.}{}^2}{k} - FK_3$

$= \frac{\Sigma(7{,}166^2 + ... + 8{,}500^2)}{3} - 97{,}1129$

$= 0{,}3962$

Tabel 11.7. Orthogonal Polinomial untuk Interval Perlakuan Sama pada Kotoran Kambing (J_2)

Trend regresi	Dosis Kotoran Kambing					Deviasi
	D_O	D_1	D_2	D_3	D_4	X^2
Linier	-2	-1	0	1	2	10
Kuadratik	2	-1	-2	-1	2	14
Kubik	-1	2	0	-2	1	10
Kuartik	1	-4	6	-4	1	70
Jumlah	7,166	7,833	7,333	7,333	8,500	

3. JK regresi (JKR) untuk kambing

a. JKR linier (JKR L) $= \dfrac{\sum\{(-2 \text{ x } \Sigma D_0) +...+ (2 \text{ x } \Sigma D_4)\}^2}{\text{k x } X^2{}_{\text{Linier}}}$

$= \dfrac{\{(-2 \text{ x } 7{,}166) +...+ (2 \text{ x } 8{,}500)\}^2}{3 \text{ x } 10}$

= 0,1564

b. JKR kuadratik (JKR Q) $= \dfrac{\sum\{(2 \text{ x } \Sigma D_0) +...+ (2 \text{ x } \Sigma D_4)\}^2}{\text{k x } X^2{}_{\text{Kuadratik}}}$

$= \dfrac{\{(2 \text{ x } 7{,}166) +...+ (2 \text{ x } 8{,}500)\}^2}{3 \text{ x } 14}$

= 0,0535

c. JKR kubik (JKR K) $= \dfrac{\sum\{(-1 \text{ x } \Sigma D_0) +...+ (1 \text{ x } \Sigma D_4)\}^2}{\text{k x } X^2{}_{\text{Kubik}}}$

$= \dfrac{\{(-1 \text{ x } 7{,}166) +...+ (1 \text{ x } 8{,}500)\}^2}{3 \text{ x } 10}$

= 0,1814

d. JKR kuartik (JKR R) $= \dfrac{\sum\{(1 \text{ x } \Sigma D_0) +...+ (1 \text{ x } \Sigma D_4)\}^2}{\text{k x } X^2{}_{\text{Kuartik}}}$

$= \dfrac{\{(1 \text{ x } 7{,}166) +...+ (1 \text{ x } 8{,}500)\}^2}{3 \text{ x } 70}$

= 0,0047

Perhitungan untuk kotoran Sapi (J_3):

1. Faktor koreksi$_4$ (FK_4) $= \frac{(GT_4)^2}{k \times D} = \frac{(42{,}166)^2}{3 \times 5}$ = 118,5351

2. JK dalam dosis kotoran sapi (JKS) = $\frac{\Sigma X_{i.}^{\ 2}}{k}$ - FK_4

$$= \frac{(8{,}333^2 + \ldots + 8{,}333^2)}{3} - 118{,}5351$$

= 0,4741

Tabel 11.8. Orthogonal Polinomial untuk Interval Perlakuan Sama pada Kotoran Sapi (J_3)

Trend regresi	Dosis Kotoran Sapi					Deviasi X^2
	D_O	D_1	D_2	D_3	D_4	
Linier	-2	-1	0	1	2	10
Kuadratik	2	-1	-2	-1	2	14
Kubik	-1	2	0	-2	1	10
Kuartik	1	-4	6	-4	1	70
Jumlah	8,333	9,333	8,500	7,666	8,333	

3. JK regresi (JKR) sapi:

   a. JKR linier (JKR L) $= \frac{\sum\{(-2 \times \Sigma D_0) + \ldots + (2 \times \Sigma D_4)\}^2}{k \times X^2{}_{\text{Linier}}}$

$$= \frac{\{(-2 \times 8{,}333) + \ldots + (2 \times 8{,}333)\}^2}{3 \times 10}$$

= 0,0925

b. JKR kuadratik (JKR Q) $= \dfrac{\sum\{(2 \text{ x } \Sigma D_0) +\ldots+ (2 \text{ x } \Sigma D_4)\}^2}{k \text{ x } X^2{}_{\text{Kuadratik}}}$

$= \dfrac{\{(2 \text{ x } 8{,}333) +\ldots+ (2 \text{ x } 8{,}333)\}^2}{3 \text{ x } 14}$

= 0,0105

c. JKR kubik (JKR K) $= \dfrac{\sum\{(-1 \text{ x } \Sigma D_0) +\ldots+ (1 \text{ x } \Sigma D_4)\}^2}{k \text{ x } X^2{}_{\text{Kubik}}}$

$= \dfrac{\{(-1 \text{ x } 8{,}333) +\ldots+ (1 \text{ x } 8{,}333)\}^2}{3 \text{ x } 10}$

= 0,3703

d. JKR kuartik (JKR R) $= \dfrac{\sum\{(1 \text{ x } \Sigma D_0) +\ldots+ (1 \text{ x } \Sigma D_4)\}^2}{k \text{ x } X^2{}_{\text{Kuartik}}}$

$= \dfrac{\{(1 \text{ x } 8{,}333) +\ldots+ (1 \text{ x } 8{,}333)\}^2}{3 \text{ x } 70}$

= 0,0005

4. JK galat (JKG) = JKt - JKP
= 4,1666 - 2,1111
= 2,055

Tahap 3 : Perhitungan derajad bebas (DB)

1. DB total (DBT) = JDk - 1 = 3 x 5 x 3 - 1 = 44

2. DB perlakuan (DBP) = JD - 1 = 3 x 5 - 1 = 14

3. DB antar kotoran (DBAK) = J - 1 = 3 - 1 = 2

4. DB dalam kotoran ayam (DBA) = D - 1 = 5 - 1 = 4

5. DB dalam kotoran kambing (DBK) = D - 1 = 5 - 1 = 4

6. DB dalam kotoran sapi (DBS) = D - 1 = 5 - 1 = 4

7. DB regresi (DBR) = 1 (terdefinisi)

8. DB galat (DBG) = total - DB perlakuan = 44 - 14 = 30

Tahap 4 : Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT perlakuan (KTP) = $\frac{\text{JKP}}{\text{DBP}} = \frac{2{,}1111}{14}$ = 0,1501

2. KT antar kotoran (KTAK) = $\frac{\text{JKAK}}{\text{DBAK}} = \frac{0{,}5444}{2}$ = 0,2722

3. KT dalam kotoran ayam (KTA) = $\frac{\text{JKA}}{\text{DBA}} = \frac{0{,}6962}{4}$ = 0,1741

4. KT regresi (KTR) untuk ayam:

   a. KTR linier = $\frac{\text{JKR linier}}{\text{DBR}} = \frac{0{,}3703}{1}$ = 0,3703

   b. KTR kuadratik = $\frac{\text{JKR kuadratik}}{\text{DBR}} = \frac{0{,}0000}{1}$ = 0,0000

   c. KTR kubik = $\frac{\text{JKR kubik}}{\text{DBR}} = \frac{0{,}0925}{1}$ = 0,0925

d. KTR kuartik $= \dfrac{\text{JKR kuartik}}{\text{DBR}} = \dfrac{0{,}2333}{1} = 0{,}2333$

5. KT dalam kotoran kambing (KTK) = $\dfrac{\text{JKK}}{\text{DBK}} = \dfrac{0{,}3962}{4} = 0{,}0991$

6. KT regresi (KTR) untuk kambing:

a. KTR linier $= \dfrac{\text{JKR linier}}{\text{DBR}} = \dfrac{0{,}1564}{1} = 0{,}1564$

b. KTR kuadratik $= \dfrac{\text{JKR kuadratik}}{\text{DBR}} = \dfrac{0{,}0535}{1} = 0{,}0535$

c. KTR kubik $= \dfrac{\text{JKR kubik}}{\text{DBR}} = \dfrac{0{,}1814}{1} = 0{,}1814$

d. KTR kuarttik $= \dfrac{\text{JKR kuartik}}{\text{DBR}} = \dfrac{0{,}0047}{1} = 0{,}0047$

7. KT dalam kotoran sapi (JKS) $= \dfrac{\text{JKS}}{\text{DBS}} = \dfrac{0{,}4741}{4} = 0{,}1185$

8. KT regresi (KTR) untuk sapi:

a. KTR linier $= \dfrac{\text{JKR linier}}{\text{DBR}} = \dfrac{0{,}0925}{1} = 0{,}0925$

b. KTR kuadratik $= \dfrac{\text{JKR kuadratik}}{\text{DBR}} = \dfrac{0{,}0105}{1} = 0{,}0105$

c. KTR kubik $= \dfrac{\text{JKR kubik}}{\text{DBR}} = \dfrac{0{,}3703}{1} = 0{,}3703$

d. KTR kuarttik = $\frac{\text{JKR kuartik}}{\text{DBR}} = \frac{0{,}0005}{1} =$ 0,0005

9. KT galat (KTG) = $\frac{\text{JKG}}{\text{DBG}} = \frac{2{,}0555}{30} =$ 0,0685

Tahap 5 : Perhitungan F hitung

1. F hitung perlakuan = $\frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}1507}{0{,}0685} =$ 2,201

2. F hitung antar kotoran = $\frac{\text{KTAK}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}2722}{0{,}0685} =$ 3,973

3. F hitung (dalam kotoran ayam) = $\frac{\text{KTA}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}1741}{0{,}0685} =$ 2,541

4. F hitung regresi untuk ayam:

    a. Linier = $\frac{\text{KTR linier}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}3703}{0{,}0685} =$ 5,405

    b. Kuadratik = $\frac{\text{KTR kuadratik}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}0000}{0{,}0685} =$ 0,000

    c. Kubik = $\frac{\text{KTR kubik}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}0925}{0{,}0685} =$ 1,351

    d. Kuartik = $\frac{\text{KTR kuartik}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}2333}{0{,}0685} =$ 3,405

5. F hitung (dalam kot. Kambing) = $\frac{\text{KTK}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}0991}{0{,}0685}$ = 1,446

6. F hitung regresi untuk kambing:

   a. Linier = $\frac{\text{KTR linier}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}1564}{0{,}0685}$ = 0,059

   b. Kuadratik = $\frac{\text{KTR kuadratik}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}0535}{0{,}0685}$ = 0,020

   c. Kubik = $\frac{\text{KTR kubik}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}1814}{0{,}0685}$ = 0,068

   d. Kuartik = $\frac{\text{KTR kuartik}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}0047}{0{,}0685}$ = 0,069

7. F hitung (dalam kotoran sapi) = $\frac{\text{KTA}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}1185}{0{,}0685}$ = 1,730

8. F hitung regresi untuk sapi:

   a. Linier = $\frac{\text{KTR linier}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}0925}{0{,}0685}$ = 1,351

   b. Kuadratik = $\frac{\text{KTR kuadratik}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}0105}{0{,}0685}$ = 0,154

   c. Kubik = $\frac{\text{KTR kubik}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}3703}{0{,}0685}$ = 5,405

d. Kuartik $= \dfrac{\text{KTR kuartik}}{\text{KTG}} = \dfrac{0{,}0005}{0{,}0685} = 0{,}008$

Tahap 6. Penyusunan dari hasil perhitungan ke tabel analisis ragam

Tabel 11.9. Analisis Ragam dalam RAL

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	14	2,1111	0,1507	2,201 *	2,04
Antar kotoran	2	0,5444	0,2722	3,973 *	3,32
Ayam	4	0,6962	0,1741	2,541 ns	2,69
-Linier	1	0,3703	0,3703	5,405 *	4,17
-Kuadratik	1	0,0000	0,0000	0,000 ns	4,17
-Kubik	1	0,0925	0,0925	1,351 ns	4,17
-Kuartik	1	0,2333	0,2333	3,405 ns	4,17
Kambing	4	0,3962	0,0991	1,446 ns	2,69
-Linier	1	0,1564	0,1564	0,059 ns	4,17
-Kuadratik	1	0,0535	0,0535	0,020 ns	4,17
-Kubik	1	0,1814	0,1814	0,068 ns	4,17
-Kuartik	1	0,0047	0,0047	0,069 ns	4,17
Sapi	4	0,4741	0,1185	1,730 ns	2,69
-Linier	1	0,0925	0,0925	1,351 ns	4,17
-Kuadratik	1	0,0105	0,0105	0,154 ns	4,17
-Kubik	1	0,3703	0,3703	5,405 *	4,17
-Kuartik	1	0,0005	0,0005	0,008 ns	4,17
Galat	30	2,0555	0,0685		
Jumlah	44	4,1666			

Keterangan = ns = Tidak berpengaruh nyata,
* = Berpengaruh nyata

Koefisien keragaman (KK) $= \dfrac{\sqrt{\text{KTG}}}{\dot{\text{X}}}$ x 100% $= \dfrac{\sqrt{2{,}0555}}{2{,}667}$ x 100% = 9,816%

Tahap 7 : Pengujian terhadap perlakuan yang berbeda nyata

Uji jarak berganda Duncan (UJBD) pada jenjang nyata 5%

1. Rerata perlakuan J

   J_1 = 2,644 J_2 = 2,544 J_3 = 2,811

2. Sx = *standard error* perlakuan J = $\sqrt{\frac{\text{KTG}}{\text{k x D}}} = \sqrt{\frac{0{,}0685}{3 \text{ x } 5}}$ = 0,0675

3. R (2 - 3 ; 30 ; 5%)

   r = 2 3

   rp = 2,89 3,04

   ———————— x 0,0675

4. SSD = 0,195 0,205

Tabel 11.10. UJBD pada α = 5%

SSD = Rp x Sx	0,205	0,195	
Rerata Perlk.	J_2 2,544	J_1 2,644	J_3 2,811
J_1 = 2,811	0,370	0,170	0
J_0 = 2,644	0,100	0	a
J_3 = 2,544	0	ab	
	b		

Berdasarkan UJBD, maka dapat dibuat ringkasan rerata hasil tinggi tanaman sebagai berikut.

Tabel 11.11. Pengaruh Jenis Pupuk Kandang dan Dosisnya terhadap Tinggi Semai.

Asal Kotoran	Dosis Kotoran (ton/ha)					Rerata
	D_0 (0)	D_1 (5)	D_2 (10)	D_3 (15)	D_4 (20)	
J_1 (Ayam)	2,444 p	2,555 p	2,444 p	3,000 p	2,778 p	2,644 ab
J_2 (Sapi)	2,389 p	2,611 p	2,444 p	2,444 p	2,833 p	2,544 b
J_3 (Kambing)	2,788 p	3,111 p	2,833 p	2,556 p	2,778 p	2,811 a

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf sama baik pada baris maupun kolom menunjukkan tidak beda nyata antar perlakuan berdasarkan uji jarak berganda Duncan (UJBD) pada jenjang nyata 5%.

Berdasarkan analisis ragam menunjukkan bahwa antara perlakuan jenis pupuk kandang ada beda nyata, dimana perlakuan pupuk kandang kambing (J_3) memberikan hasil lebih baik dan berbeda nyata dengan perlakuan pupuk kandang sapi (J_2) tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan pupuk kandang ayam (J_1).

Antar perlakuan dosis pupuk kandang ayam, sapi dan kambing menunjukkan tidak berbeda nyata (tidak perlu uji lanjut).

BAB 12
KONTRAS ORTHOGONAL DALAM RALK

12.1. Pendahuluan

Penjelasan tentang kontras orthogonal dalam RALK pada bab 12 ini sebenarnya sama dengan pada bab 11, hanya perbedaanya terletak pada cara pengacakannya. Pengacakan untuk RAL hanya dilakukan sekaligus terhadap semua perlakuan dengan ulangannya, sedangkan pada RALK pengacakannya dilakukan secara bertahap sesuai dengan jumlah blok yang digunakan. Jadi perbedaannya dalam RALK terdapat sumber ragam lain yaitu blok.

Apabila terdapat perlakuan yaitu: A, B dan C. Perlakuan A dan B mempunyai kesamaan sifat (misalnya: sama-sama fungisida sistemik), sedangkan perlakuan C adalah fungisida kontak. Maka perlakuan fungisida kelompok sistemik (A dan B) dapat dibandingkan dengan perlakuan fungisida kontak (C). Selanjutnya antar perlakuan fungisida sistemik yaitu: antara A dan B juga dapat dibandingkan.

Percobaan yang menggunakan dua faktor dalam RALK tetapi tidak disebut sebagai suatu percobaan faktorial, karena antar kedua faktor tidak pernah berinteraksi. Cotoh: Percobaan dengan perlakuan jenis dan konsentrasi zat pengatur tumbuh (ZPT). Jenis yang digunakan yaitu: IBA dan NAA, sedangkan konsentrasi IBA berbeda dengan konsentrasai IAA. Misalkan konsentrasi IBA yaitu: 100, 200 dan 300 ppm, sedangkan konsentrasi NAA yaitu: 500, 100 dan 1500 ppm.

Dari contoh tersebut jelas bahwa masing-masing ZPT mempunyai konsentrasi yang berbeda. Dan antar konsentrasi tidak pernah dikombinasikan. Meskipun percobaan di atas menggunakan dua faktor tetapi tidak dapat disebut sebagai percobaan faktorial.

Kadang kalau tidak cermat, kadang seseorang mengatakan bahwa suatu percobaan faktor tunggal disebutnya sebagai percobaan faktorial. Kadang mereka tidak bisa membedakan antara percobaan faktor tunggal atau faktorial. Oleh sebab itu, jika salah dalam memilih analisis data maka akan menyebabkan kesalahan fatal dalam pengambilan kesimpulan atau intepretasi.

Penggunaan kontras orthogonal dalam RALK sebenarnya hampir sama dengan pada RAL, perbedaannya hanya pada pengacakannya. Jadi kalau dalam RALK digunakan tiga blok, maka pengacakan dilakukan sebanyak tiga kali, yaitu: pengacakan pada blok 1, 2 dan 3. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada teladan berikut.

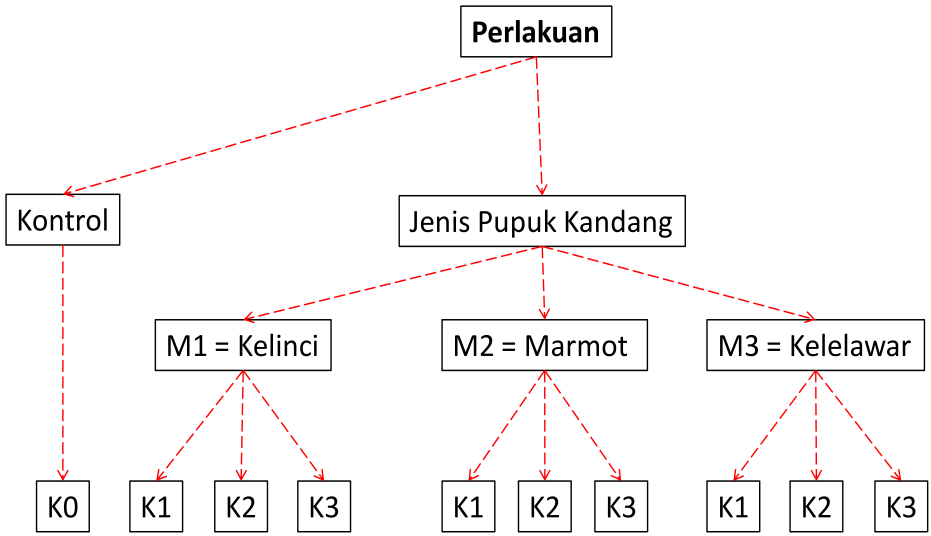
12.2. RALK 2 faktor (bukan faktorial) + 1 kontrol

Suatu penelitian lapangan menggunakan RALK yang terdiri dari dua faktor (bukan faktorial).

Faktor pertama yaitu jenis kotoran pupuk kandang (dengan simbul J) yang terdiri dari tiga macam yaitu: M_1 = Kotoran kelinci , M_2 = Kotoran marmot, M_3 = Kotoran kelelawar. Faktor kedua yaitu dosis masing-masing kotoran pupuk kandang (dengan simbul K) yang terdiri dari tiga aras: K_1 = 3 ton/ha, K_2 = 6 ton/ha, K_3 = 9 ton/ha.

Dari kedua faktor diperoleh 3 x 3 = 9 kombinasi perlakuan dan ditambah 1 perla-kuan sebagai kontrol. Masing-masing perlakuan diulang tiga kali (ulangan sebagai blok), sehingga diperlukan (3 x 3 + 1) x 3 = 30 petak atau plot. Masing-masing petak terdiri dari 4 sampel, sehingga dibutuhkan (3 x 3 + 1) x 3 x 4 = 120 tanaman.

Penelitian dengan menggunakan indikator tanaman timun dan parameter yang diamati yaitu jumlah buah buah per tanaman.

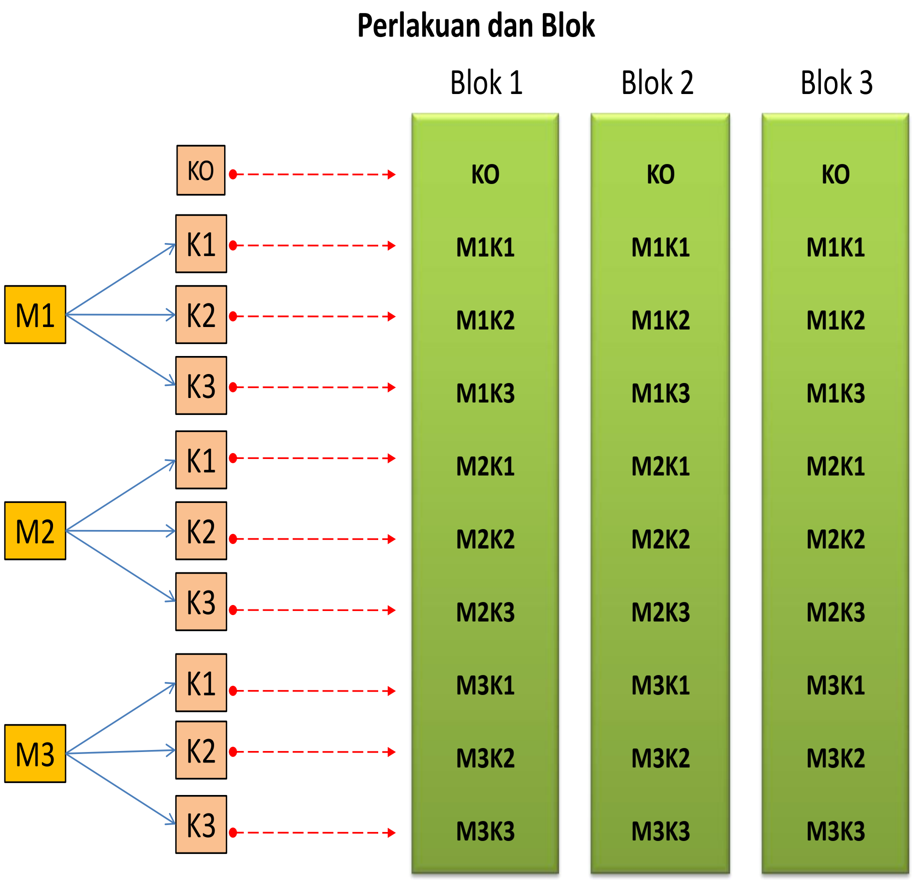


Keterangan:

K0 = 0 ton/ha; K1 = 3 ton/ha; K2 = 6 ton/ha; K3 = 9 ton/ha

Terdapat 10 perlakuan, dan masing-masing diulang 3 x

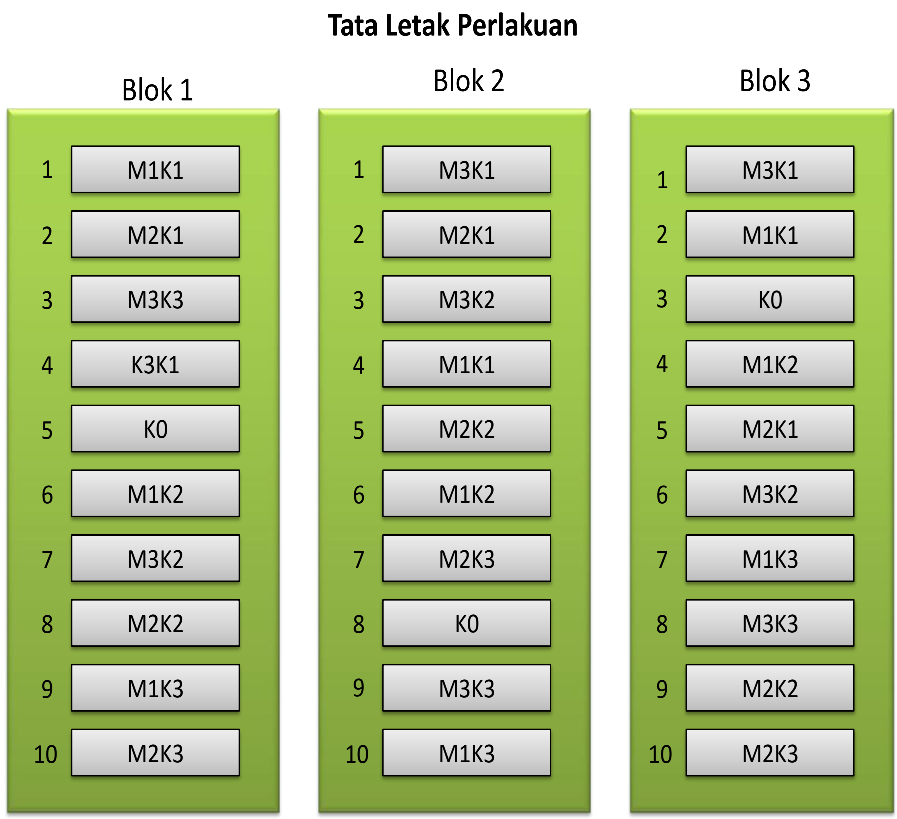
Gambar 12.1. Bagan Alur Perlakuan Jenis Pupuk Kandang dan Kontrol



Gambar 12. 2. Kontrol dan Kombinasi Perlakuan

Gambar 12.3. Persiapan Pengacakan Perlakuan dan Kontrol dalam RALK

Setiap petak perlakuan dalam setiap blok diberi nomor urut 1 s/d 10. Pengacakan dimulai dari blok 1 untuk menempatkan hasil pengacakan dari pengambilan 1 hingga 10. Setelah selesai pengacakan pada blok 1, selanjutnya diulang dilakukan pada blok 2 dan 3.



Gambar 12.4. Hasil Pengacakan Perlakuan Kotoran Pupuk Kandang dan Kontrol dalam RALK

Hasil pengacakan pada Gambar 12.4 di atas menunjukkan gambaran tentang tata letak masing-masing perlakuan dan kontrol di lapangan. Setiap perlakuan hanya muncul sekali pada masing-masing blok seperti Gambar 12.4 di atas.

Untuk memudahkan pelaksanaan dan pengamatan percobaan, maka masing-masing petak perlakuan diberi label sesuai kode perlakuannya.

Data Pengamatan: Jumlah Buah

No	Blok 1	No	Blok 2	No	Blok 3
1	M1K1 = 2	1	M3K1 = 3	1	M3K1 = 4
2	M2K1 = 4	2	M2K1 = 3	2	M1K1 = 1
3	M3K3 = 4	3	M3K2 = 7	3	K0 = 2
4	M3K1 = 3	4	M1K1 = 2	4	M1K2 = 4
5	K0 = 2	5	M2K2 = 7	5	M2K1 = 3
6	M1K2 = 3	6	M1K2 = 4	6	M3K2 = 6
7	M3K2 = 6	7	M2K3 = 5	7	M1K3 = 2
8	M2K2 = 8	8	K0 = 1	8	M3K3 = 3
9	M1K3 = 2	9	M3K3 = 4	9	M2K2 = 8
10	M2K3 = 4	10	M1K3 = 3	10	M2K3 = 3

Gambar 12.5. Hasil Pengamatan Jumlah Buah pada Masing-masing Petak Perlakuan

Hasil pengamatan terhadap jumlah buah pada masing-masing petak perlakuan dapat dilihat pada Gambar 12.5 di atas. Gambar 12.5 menjelaskan pengaruh perlakuan terhadap jumlah buah. Selanjutnya data disusun untuk memudahkan analisis data seperti pada Tabel 12.1 berikut.

Tahap 1 : Penyusunan kembali data dari lapangan

Tabel 12.1. Rerata Jumlah Buah per Tanaman

Perlakuan	Blok			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
Kontrol	2	1	2	5	1,67
	Kotoran Kelinci (M_1)				
K_1	2	2	1	5	1,67
K_2	3	4	4	11	3,67
K_3	2	3	2	7	2,33
	Kotoran Marmut (M_2)				
K_1	4	3	3	10	3,33
K_2	8	7	8	23	7,67
K_3	4	5	3	12	4,00
	Kotoran Kelelawar (M_3)				
K_1	3	3	4	10	3,33
K_2	6	7	6	19	6,33
K_3	4	4	3	11	3,67
Jumlah	38	39	36	GT_1 = 113	3,77

Adapun langkah-langkah penyelesaiannya sebagai berikut

Tahap 2 : Perhitungan faktor koreksi (FK) dan jumlah kuadrat (JK)

1. Faktor koreksi$_1$ (FK_1) $= \dfrac{(GT_1)^2}{(M \times K + \text{kontrol}) \times k}$

$$= \frac{(113)^2}{(3 \times 3 + 1) \times 3} = 425{,}6333$$

2. JK total (JKt) $= \sum\sum X_{ij}^2 - FK_1$

$= (2^2 + ... + 3^2) - 425{,}6333$

$= 533 - 425{,}6333$

$= 107{,}3666$

3. JK blok (JKk) $= \dfrac{\Sigma X_{.j}^{\;2}}{\mathrm{M \ x \ K + kontrol}} - FK_1$

$= \dfrac{(38^2 + 39^2 + 36^2}{3 \text{ x } 3+1} - 425{,}6333$

$= 0{,}4666$

4. JK perlakuan kombinasi perlakuan (JKKP) = $\dfrac{\Sigma X_{i.}^{\;2}}{k} - FK_1$

$= \dfrac{(5^2 + 5^2 + \ldots + 11^2)}{3} - 425{,}6333$

$= 99{,}3666$

Tabel 12.2. Kontras orthogonal

Perlakuan	Kont	M_1K_1	M_1K_2	M_1K_3	M_2K_1	M_2K_1	M_2K_3	M_3K_1	M_3K_2	M_3K_3
Koef. Ort.	9	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Total Perl.	5	5	11	7	10	23	12	10	19	11

5. JK (kontras x perlakuan)

L (KontrasxPerlakuan) $= \sum (5 \text{ x } 9) + (5 \text{ x } -1) + \ldots + (11 \text{ x } -1) = -63$

K (KontrasxPerlakuan) $= \sum (9^2 + -1^2 + -1^2 + \ldots + -1^2) = 90$

JK (kontras x perlakuan) = $\dfrac{\mathrm{L\ (kontras\ \ x\ perlakuan)}^2}{\mathrm{K\ (kontras\ x\ perlakuan)\ x\ blok}}$

$$= \frac{(-63)^2}{90 \text{ x } 3} = 14{,}700$$

Tabel 12.3. Penolong (MxK)

Jenis Pupuk Kandang	Dosis Kotoran			Jumlah	Rerata
	K_1	K_2	K_3		
M_1	5	11	7	GT_3 = 23	2,555
M_2	10	23	12	GT_4 = 45	5,000
M_3	10	19	11	GT_5 = 40	4,444
				GT_2 = 108	

1. Faktor koreksi$_2$ (FK_2) = $\frac{(GT_2)^2}{(M \text{ x } K) \text{ x } k} = \frac{(108)^2}{3 \text{ x } 3 \text{ x } 3} = 432$

2. JK perlakuan (JKP) = $\frac{\Sigma X_{i.}{}^2}{k} - FK_2$

$$= \frac{(5^2 + 10^2 + \ldots + 11^2)}{3} - 432$$

$$= 84{,}6666$$

3. JK antar M (JKM) = $\frac{(GT_3)^2 + (GT_4)^2 + (GT_5)^2}{k \text{ x } K} - FK_2$

$$= \frac{(23^2 + 45^2 + 40^2)}{3 \text{ x } 3} - 432$$

$$= 29{,}5555$$

Perhitungan jumlah kuadrat pada M_1 (pupuk kandang kelinci):

1. Faktor koreksi$_3$ (FK_3) = $\frac{(GT_3)^2}{K \text{ x } k} = \frac{(23)^2}{3 \text{ x } 3} = 58{,}7777$

2. JK dalam dosis pupuk kandang kelinci (JKM_1):

$$= \frac{\Sigma X_{i.}^{\ 2}}{k} - FK_3$$

$$= \frac{(5^2 + 11^2 + 7^2)}{3} - 58{,}7777$$

$$= 6{,}2222$$

Tabel 12.4. Orthogonal Polinomial untuk Interval Perlakuan Sama pada Jenis Pupuk Kandang Kelinci (M_1)

Trend Regresi	Dosis Pupuk Kandang Kelinci			Deviasi
	K_1	K_2	K_3	X^2
Linier	-1	0	1	2
Kuadratik	1	-2	1	6
Jumlah	5	11	7	

3. Jumlah kuadrat regresi (JKR), sebagai berikut:

a. JK R linier (JKR L) $= \frac{\sum\{(-1 \text{ x } \Sigma K_1) + (0 \text{ x } \Sigma K_2) + (1 \text{ x } \Sigma K_3)\}^2}{k \text{ x } X^2{}_{\text{Linier}}}$

$$= \frac{\{(-1 \text{ x } 5) + (0 \text{ x } 11) + (1 \text{ x } 7)\}^2}{3 \text{ x } 2}$$

$$= 0{,}6666$$

b. JKR kuadratik (JKR Q) $= \frac{\sum\{(1 \text{ x } \Sigma D_0) + (-2 \text{ x } \Sigma K_1) + (1 \text{ x } \Sigma K_3)\}^2}{k \text{ x } X^2{}_{\text{Kuadratik}}}$

$$= \frac{\{(1 \text{ x } 5) + (-2 \text{ x } 11) + (1 \text{ x } 7)\}^2}{3 \text{ x } 6}$$

$= 5,5555$

Perhitungan jumlah kuadrat pada M_2 (pupuk kandang marmot):

1. Faktor koreksi$_4$ (FK_4) $= \dfrac{(GT_4)^2}{K \times k} = \dfrac{(45)^2}{3 \times 3} = 225$

2. JK dalam dosis pupuk kandang marmot (JKM_2):

$$= \frac{\Sigma X_{i.}^{\ 2}}{k} - FK_4$$

$$= \frac{(10^2 + 23^2 + 12^2)}{3} - 225$$

$$= 32,6666$$

Tabel 12.5. Orthogonal Polinomial untuk Interval Perlakuan Sama pada Jenis Pupuk Kandang Marmot (M_2)

Trend Regresi	Dosis Pupuk Kandang Marmot			Deviasi
	K_1	K_2	K_3	X^2
Linier	-1	0	1	2
Kuadratik	1	-2	1	6
Jumlah	10	23	12	

3. Jumlah kuadrat regresi (JKR), sebagai berikut:

a. JKR linier (JKR L) $= \dfrac{\sum\{(-1 \times \Sigma K_1) + (0 \times \Sigma K_2) + (1 \times \Sigma K_3)\}^2}{k \times X^2_{\text{Linier}}}$

$$= \frac{\{(-1 \times 10) + (0 \times 23) + (1 \times 12)\}^2}{3 \times 2}$$

$$= 0,6666$$

b. JKR kuadratik (JKR Q) = $\frac{\sum\{(1 \text{ x } \Sigma D_0) + (-2 \text{ x } \Sigma K_1) + (1 \text{ x } \Sigma K_3)\}^2}{k \text{ x } X^2{}_{\text{Kuadratik}}}$

$$= \frac{\{(1 \text{ x } 10) + (-2 \text{ x } 23) + (1 \text{ x } 12)\}^2}{3 \text{ x } 6}$$

= 32,0000

<u>Perhitungan jumlah kuadrat pada M_3 (pupuk kandang kelelawar):</u>

1. Faktor koreksi$_5$ (FK_5) = $\frac{(GT_5)^2}{K \text{ x } k}$ = $\frac{(40)^2}{3 \text{ x } 3}$ = 177,7777

2. JK dalam dosis pupuk kandang kelelawar (JKM3):

$$= \frac{\Sigma X_{i.}{}^2}{k} - FK_5$$

$$= \frac{(10^2 + 19^2 + 11^2)}{3} - 177,7777$$

= 16,2222

Tabel 12.6. Orthogonal Polinomial untuk Interval Perlakuan Sama pada Jenis Pupuk Kandang Kelelawar (M_3)

Trend regresi	Dosis Pupuk Kandang Kelelawar			Deviasi
	K_1	K_2	K_3	X^2
Linier	-1	0	1	2
Kuadratik	1	-2	1	6
Jumlah	10	19	11	

3. Jumlah kuadrat regresi (JKR), sebagai berikut:

a. JKR linier (JKR L) $= \dfrac{\sum\{(-1 \text{ x } \Sigma K_1) + (0 \text{ x } \Sigma K_2) + (1 \text{ x } \Sigma K_3)\}^2}{\text{k x } X^2{}_{\text{Linier}}}$

$= \dfrac{\{(-1 \text{ x } 10) + (0 \text{ x } 19) + (1 \text{ x } 11)\}^2}{3 \text{ x } 2}$

= 0,1666

b. JKR kuadratik (JKR Q) $= \dfrac{\sum\{(1 \text{ x } \Sigma K_1) + (-2 \text{ x } \Sigma K_1) + (1 \text{ x } \Sigma K_3)\}^2}{\text{k x } X^2{}_{\text{Kuadratik}}}$

$= \dfrac{\{(1 \text{ x } 10) + (-2 \text{ x } 19) + (1 \text{ x } 11)\}^2}{3 \text{ x } 6}$

= 16,0555

4. JK galat (JKG) = JKt - JKKP - JKk
= 107,3666 – 99,3666 – 0,4666
= 7,5333

Tahap 3 : Perhitungan derajad bebas (DB)

1. DB total (DBt) = (M x K + kontrol) x k - 1 = (3 x 3 + 1) x 3 - 1 = 29
2. DB blok (DBk) = k - 1 = 3 - 1 = 2
3. DB kombinasi perlakuan (DBKP) = (M x K + 1) - 1 = (3 x 3 + 1) - 1 = 9
4. DB kontrol >< perlakuan (DB-Kontras) = 1 (terdefinisi)
5. DB perlakuan (DBP) = (M x K) - 1 = (3 x 3) - 1 = 8
6. DB antar jenis M (DBM) = M - 1 = 3 - 1 = 2
7. DB dalam kotoran kelinci (DBM_1) = K - 1 = 3 - 1 = 2
8. DB dalam kotoran marmot (DBM_2) = K - 1 = 3 - 1 = 2
9. DB dalam kotoran kelelawar (DBM_3) = K - 1 = 3 - 1 = 2
10. DB regresi (DBR) = 1 (terdefinisi)

11. DB galat (DBG) = DBT - DBKP - DBk = 29 - 9 - 2 = 18

Tahap 4 : Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT blok (KTk) = $\frac{\text{JKB}}{\text{DBk}}$ = $\frac{0,4666}{2}$ = 0,2333

2. KT kombinasi perlakuan (KTKP)= $\frac{\text{JKKP}}{\text{DBKP}}$ = $\frac{99,3666}{9}$ = 11,0407

3. KT kontrol >< perlakuan (KTK)= $\frac{\text{JKK}}{\text{DB}-\text{Kontras}}$ = $\frac{14,7000}{1}$ = 14,7000

4. KT perlakuan (KTP) = $\frac{\text{JKP}}{\text{DBP}}$ = $\frac{84,6666}{8}$ = 10,5833

5. KT antar Jenis M (KTM) = $\frac{\text{JKM}}{\text{DBM}}$ = $\frac{29,5555}{2}$ = 14,7777

6. KT dlm p. kand. kelinci (KTM_1) = $\frac{\text{JKM1}}{\text{DBM1}}$ = $\frac{6,2222}{2}$ = 3,1111

7. KT regresi (KTR) untuk kelinci:

   a. KTR linier = $\frac{\text{JKR linier}}{\text{DBR}}$ = $\frac{0,6666}{1}$ = 0,6666

   b. KTR kuadratik = $\frac{\text{JKR kuadratik}}{\text{DBR}}$ = $\frac{5,5555}{1}$ = 5,5555

8. KT dalam kot. marmot (KTM_2)= $\frac{\text{JKM2}}{\text{DBM2}}$ = $\frac{32,6666}{2}$ = 16,3333

9. KT regresi (KTR) untuk marmot:

a. KTR linier $= \dfrac{\text{JKR linier}}{\text{DBR}} = \dfrac{0{,}6666}{1} = 0{,}6666$

b. KTR kuadratik $= \dfrac{\text{JKR kuadratik}}{\text{DBR}} = \dfrac{32}{1} = 32{,}000$

10. KT dalam kot. kelelawar (KTM_3) = $\dfrac{\text{JKM3}}{\text{DBM3}} = \dfrac{16{,}2222}{2} = 8{,}1111$

11. KT regresi (KTR) untuk kelelawar:

a. KTR linier $= \dfrac{\text{JKR linier}}{\text{DBR}} = \dfrac{0{,}1666}{1} = 0{,}1666$

b. KTR kuadratik $= \dfrac{\text{JKR kuadratik}}{\text{DBR}} = \dfrac{16{,}0555}{1} = 16{,}0555$

12. KT galat (KTG) $= \dfrac{\text{JKG}}{\text{DBG}} = \dfrac{7{,}5333}{18} = 0{,}4185$

Tahap 5 : Perhitungan F hitung

1. F hitung blok $= \dfrac{\text{KTk}}{\text{KTG}} = \dfrac{0{,}2333}{0{,}4185} = 0{,}558$
2. F hitung kombinasi perlakuan $= \dfrac{\text{KTKP}}{\text{KTG}} = \dfrac{11{,}0407}{0{,}4185} = 26{,}381$
3. F hitung kontrol x perlakuan $= \dfrac{\text{KT}-\text{Kontras}}{\text{KTG}} = \dfrac{14{,}7000}{0{,}4185} = 35{,}123$
4. F hitung perlakuan $= \dfrac{\text{KTP}}{\text{KTG}} = \dfrac{10{,}5833}{0{,}4185} = 25{,}288$

5. F hitung Antar Jenis $= \frac{\text{KTM}}{\text{KTG}} = \frac{14{,}7777}{0{,}4185} = 35{,}310$

6. F hitung (dalam kot. Kelinci) $= \frac{\text{KTM1}}{\text{KTG}} = \frac{3{,}1111}{0{,}4185} = 7{,}434$

7. F hitung regresi untuk Kelinci:

   a. Linier $= \frac{\text{KTR linier}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}6666}{0{,}4165} = 1{,}593$

   b. Kuadratik $= \frac{\text{KTR kuadratik}}{\text{KTG}} = \frac{5{,}5555}{0{,}4165} = 13{,}274$

8. F hitung (dalam kot. Marmot) $= \frac{\text{KTM2}}{\text{KTG}} = \frac{16{,}3333}{0{,}4185} = 39{,}027$

9. F hitung Regresi untuk Marmot:

   a. Linier $= \frac{\text{KTR linier}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}6666}{0{,}4165} = 1{,}593$

   b. Kuadratik $= \frac{\text{KTR kuadratik}}{\text{KTG}} = \frac{32}{0{,}4165} = 76{,}460$

10. F hitung (dlm kot. Kelelawar) $= \frac{\text{KTM3}}{\text{KTG}} = \frac{8{,}111}{0{,}4185} = 19{,}381$

11. F hitung Regresi untuk Kelelawar:

   a. Linier $= \frac{\text{KTR linier}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}1666}{0{,}4165} = 0{,}398$

   b. Kuadratik $= \frac{\text{KTR kuadratik}}{\text{KTG}} = \frac{16{,}0555}{0{,}4165} = 38{,}363$

Tahap 6 : Penyusunan perhitungan ke tabel analisis ragam

Tabel 12.7. Analisis Ragam RALK

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel 5%
Blok	2	0,4666	0,2333	0,588 ns	3,55
Komb. Perlk.	9	99,3666	11,0407	26,381 *	2,46
Kont x Perlk.	1	14,7000	14,7000	35,124 *	4,41
Perlakuan	8	84,6666	10,5833	25,288 *	2,51
Antar Jenis M	2	29,5555	14,7777	35,310 *	3,55
Kelinci (M_1)	2	6,2222	3,1111	7,434 *	3,55
-Linier	1	0,6666	0,6666	1,593 ns	4,41
-Kuadratik	1	5,5555	5,5555	13,274 *	4,41
Marmot (M_2)	2	32,6666	16,3333	39,027 *	3,55
-Linier	1	0,6666	0,6666	1,593 ns	4,41
-Kuadratik	1	32,0000	32,0000	76,460 *	4,41
Kelelawar (M_3)	2	16,2222	8,1111	19,381 *	3,55
-Linier	1	0,1666	0,1666	0,398 ns	4,41
-Kuadratik	1	16,0555	16,0555	38,363 *	4,41
Galat	18	7,5333	0,4185		
Jumlah	29	107,3666			

Keterangan: ns = Tidak berpengaruh nyata,
* = Berpengaruh nyata

Koefisien keragaman (KK) = $\frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\dot{\text{X}}}$ x 100%

$$= \frac{\sqrt{0,4185}}{3,7666} \times 100\%$$

= 17,175%

Tahap 7 : Pengujian terhadap perlakuan yang berbeda nyata

Uji jarak berganda Duncan (UJBD) pada jenjang nyata 5%

1. Rerata perlakuan antar jenis
   M_1 = 2,555 M_2 = 5,000 M_3 = 4,444

2. Sx = $\sqrt{\frac{\mathrm{KTG}}{\mathrm{k \ x \ J}}} = \sqrt{\frac{0,4185}{3 \ x \ 3}}$ = 0,2156

3. R (2 - 3 ; 18 ; 5%)
   r = 2   3
   rp = 2,97   3,12
   ——————— x 0.2156

4. SSD = 0,640   0,672

Tabel 12.8. UJBD pada α = 5%

SSD = Rp x Sx	0,672	0,640	
Rerata Perlakuan	M_1 2,555	M_3 4,444	M_2 5,000
M_2 = 5,000	2,444	0,555	0
M_3 = 4,444	1,888	0	a
M_1 = 2,555	0	a	
	B		

1. Rerata Perlakuan K dalam M_1 (Kelinci)
   K_1 = 1,666 K_2 = 3,666 K_3 = 2,333

2. Sx = $\sqrt{\frac{\mathrm{KTG}}{\mathrm{k}}} = \sqrt{\frac{0,4185}{3}}$ = 0,3735

3. R (2 - 3 ; 18 ; 5%)

r = 2 3

rp = 2,97 3,12

$$\frac{\quad}{\quad} \times 0,3735$$

4. SSD = 1,109 1,165

Tabel 12.9. UJBD pada α = 5%

SSD = Rp x Sx	1,165	1,109	
Rerata Perlakuan	K_1 1,666	K_3 2,333	K_2 3,666
K_2 = 3,666	2,000	1,333	0
K_3 = 2,333	0,666	0	p
K_1 = 1,666	0	q	
	Q		

1. Rerata perlakuan K dalam M_2 (marmot)
   K_1 = 3,333 K_2 = 7,666 K_3 = 4,000

2. Sx = $\sqrt{\frac{\text{KTG}}{\text{k}}} = \sqrt{\frac{0,4185}{3}}$ = 0,3735

3. R (2 - 3 ; 18 ; 5%)
   r = 2 3
   rp = 2,97 3,12
   x 0,3735

4. SSD = 1,109 1,165

Tabel 12.10. UJBD pada α = 5%

SSD = Rp x Sx	1,165	1,109	
Rerata Perlakuan	K_1 3,333	K_3 4,000	K_2 7,666
K_2 = 7,666	4,333	3,666	0
K_3 = 4,000	0,666	0	p
K_1 = 3,333	0	q	
	Q		

1. Rerata perlakuan K dalam M_3 (kelelawar)
   K_1 = 3,333 K_2 = 6,333 K_3 = 3,666

2. Sx = $\sqrt{\frac{\text{KTG}}{\text{k}}} = \sqrt{\frac{0{,}4185}{3}}$ = 0,3735

3. R (2 - 3 ; 18 ; 5%)

r =	2	3
rp =	2,97	3,12
		x 0,3735
4. SSD =	1,109	1,165

Tabel 12.11. UJBD pada α = 5%

SSD = Rp x Sx	1,165	1,109	
Rerata Perlakuan	K_1 3,333	K_3 3,666	K_2 6,333
K_2 = 6,333	3,000	2,666	0
K_3 = 3,666	0,333	0	p
K_1 = 3,333	0	q	
	q		

Analisis regresi Kuadratik pada Kelinci (lihat Lampiran 9):

Diketahui: Perlakuan K_i dianggap sebagai X_i yaitu: X_1 = 3, X_2 = 6, dan X_3 = 9. Rerata perlakuan $\dot{X}_{.j}$ dianggap sebagai Y_i yaitu: Y_1 = 1,666 ; Y_2 = 3,666 ; dan Y_3 = 2,333. Selanjutnya dilakuan analisis regresi kuadratik dengan langkah berikut.

Tabel 12.2. Persamaan Regresi Kuadratik pada M_1 (Kelinci)

Rerata Yi	y	Perlk. Xi	z1	Xi²	z2	z1y	z2y	z1z2
1,666	-0,888	3	-3	9	-33	2,666	29,333	99
3,666	1,111	6	0	0	-6	0	-6,666	0
2,333	-0,222	9	3	9	39	-0,666	-8,666	117
Ȳ	Σy²	Ẍ	Σz1²	Ẍ²	Σz1²	Σz1y	Σz2y	Σz1z2
2,555	2,074	6	18	42	2646	2	14	216

➢ Koefisien regresi (b_1) $= \dfrac{(\Sigma z2^2 \text{ x } \Sigma z1y) - (\Sigma z1z2 \text{ x } \Sigma z2y)}{\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2^2 - (\Sigma z1z2)^2}$

$= \dfrac{(2646 \text{ x } 2) - (216 \text{ x } 14)}{18 \text{ x } 2646 - (216)^2}$

= 2,3333

➢ Koefisien regresi (b_2) $= \dfrac{(\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2y) - (\Sigma z1z2 \text{ x } \Sigma z1y)}{\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2^2 - (\Sigma z1z2)^2}$

$= \dfrac{(18 \text{ x } 14) - (216 \text{ x } 2)}{18 \text{ x } 2646 - (216)^2}$

= -0,1851

➢ Konstanta (a) = $\bar{Y} - (b1 * \ddot{X}) - (b2 * \ddot{X}^2)$
= 2,555 – (2,333 x 6) – (-0,1851 x 42)
= -3,666

➢ Perlakuan terbaik (X optimum)
Untuk mendapatkan X optimum dengan menghitung turunan pertama dari persamaan regresi kuadratik $Y = a + b_1 X + b_2 X^2$ yaitu: $Y' = 0$, maka $0 = 0 + b_1 + 2\ b_2 X$, untuk nilai X disubstitusikan nilai X optimum.

X optimum= $\dfrac{b1}{-2\ b2} = \dfrac{2,333}{-2 \text{ x } -0,1851} =$ 6,3

➢ Hasil tertinggi (Y maksimum)
Untuk mengetahui hasil tertinggi dengan menggunakan rumus:
Y maksimum = a + (b1 * X optimum) + (b2 * X optimum²)
= -3,666 + (2,333 x 6,3) + (-0,1851 x 6,3²)
= 3,683

➢ Koefisien determinasi (R^2):

$$= \frac{(b1 \text{ x} \sum z1y) + (b2 \text{ x} \sum z2y)}{\sum y^2}$$

$$= \frac{(2{,}333 \text{ x } 2) + (-0{,}1851 \text{ x } 14)}{2{,}074}$$

= 1,0

Analisis regresi Kuadratik pada Marmot:

Diketahui: Perlakuan K_i dianggap sebagai X_i yaitu: X_1 = 3, X_2 = 6, dan X_3 = 9. Rerata perlakuan $\dot{X}_{.j}$ dianggap sebagai Y_i yaitu: Y_1 = 3,333 ; Y_2 = 7,666 ; dan Y_3 = 4,000. Selanjutnya dilakuan analisis regresi kuadratik dengan langkah berikut.

Tabel 12.13. Persamaan Regresi Kuadratik pada M_2 (Marmot)

Rerata Yi	y	Perlk. Xi	z1	Xi²	z2	z1y	z2y	z1z2
3,333	-1,666	3	-3	9	-33	2,666	29,333	99
7,666	2,666	6	0	0	-6	0	-6,666	0
4,000	-1,000	9	3	9	39	-0,666	-8,666	117
Ȳ	Σy²	Ẍ	Σz1²	Ẍ²	Σz1²	Σz1y	Σz2y	Σz1z2
5,000	2,074	6	18	42	2646	0	14	216

➢ Koefisien regresi (b_1) $= \dfrac{(\Sigma z2^2 \text{ x } \Sigma z1y) - (\Sigma z1z2 \text{ x } \Sigma z2y)}{\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2^2 - (\Sigma z1z2)^2}$

$$= \frac{(2646 \text{ x } 2) - (216 \text{ x } 0)}{18 \text{ x } 2646 - (216)^2}$$

= 5,444

➢ Koefisien regresi (b_2) $= \dfrac{(\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2y) - (\Sigma z1z2 \text{ x } \Sigma z1y)}{\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2^2 - (\Sigma z1z2)^2}$

$$= \frac{(18 \text{ x } 0) \ - (216 \ \text{ x } 2)}{18 \text{ x } 2646 \ - \ (216)^2}$$

= -0,444

- Konstanta (a) = Ȳ – (b1 * Ẍ) – (b2 * Ẍ²)
  = 5 – (5,444 x 6) – (-0,444 x 42)
  = -9

- Hasil terbaik (X optimum)
  Untuk mendapatkan X optimum dengan menghitung turunan pertama dari persamaan regresi kuadratik $Y = a + b_1 X + b_2 X^2$ yaitu: $Y' = 0$, maka $0 = 0 + b_1 + 2 b_2 X$, dimana untuk nilai X disubstitusikan nilai X optimum.

  $$X \text{ optimum} = \frac{\text{b1}}{-2 \text{ b2}} = \frac{5{,}444}{-2 \text{ x } -0{,}444} = 7{,}673$$

- Hasil tertinggi (Y maksimum)
  Untuk mengetahui hasil tertinggi dengan menggunakan rumus:

  Y maksimum = a + (b1 * X optimum) + (b2 * X optimum²)
  = -9 + (5,444 x 6,3) + (-0,444 x 6,3²)
  = 7,673

- Koefisien determinasi (R^2):

  $$= \frac{(\text{b1 x } \sum \text{z1y}) + \ (\text{b2 x } \sum \text{z2y})}{\sum \text{y}^2}$$

  $$= \frac{(5{,}444 \text{ x } 2) + \ (-9 \text{ x } 0)}{10{,}888}$$

  = 1,0

Analisis regresi Kuadratik pada Kelelawar:

Diketahui: Perlakuan K_i dianggap sebagai X_i yaitu: X_1 = 3, X_2 = 6, dan X_3 = 9. Rerata perlakuan $\dot{X}_{.j}$ dianggap sebagai Y_i yaitu: Y_1 = 3,333 ; Y_2 = 6,333 ; dan Y_3 = 3,666. Selanjutnya dilakukan analisis regresi kuadratik dengan langkah berikut.

Tabel 12.14. Persamaan Regresi Kuadratik pada M_3 (Kelelawar)

Rerata Yi	Y	Perlk. Xi	z1	Xi^2	z2	z1y	z2y	z1z2
3,333	-1,111	3	-3	9	-33	3,333	36,333	99
6,333	1,888	6	0	0	-6	0	-11,333	0
3,666	-0,777	9	3	9	39	-2,333	-30,333	117
$\bar{Y}$	Σy^2	$\ddot{X}$	$\Sigma z1^2$	$\ddot{X}^2$	$\Sigma z1^2$	Σz1y	Σz2y	Σz1z2
5,000	5,407	6	18	42	2646	1	-5	216

- Koefisien regresi (b_1) $= \dfrac{(\Sigma z2^2 \text{ x } \Sigma z1y) - (\Sigma z1z2 \text{ x } \Sigma z2y)}{\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2^2 - (\Sigma z1z2)^2}$

$$= \frac{(2646 \text{ x } 1) - (216 \text{ x} -5)}{18 \text{ x } 2646 - (216)^2}$$

= 3,833

- Koefisien regresi (b_2) $= \dfrac{(\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2y) - (\Sigma z1z2 \text{ x } \Sigma z1y)}{\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2^2 - (\Sigma z1z2)^2}$

$$= \frac{(18 \text{ x } 5) - (216 \text{ x } 1)}{18 \text{ x } 2646 - (216)^2}$$

= -0,314

- Konstanta (a) $= \bar{Y} - (b1 * \ddot{X}) - (b2 * \ddot{X}^2)$

= 4,444 – (3,833 x 6) – (-0,314 x 42)

= -5,333

- Hasil terbaik (X optimum)

  Untuk mendapatkan X optimum dengan menghitung turunan pertama dari persamaan regresi kuadratik $Y = a + b_1 X + b_2 X^2$ yaitu: Y' = 0, maka $0 = 0 + b_1 + 2\ b_2 * X$ optimum

  $$X\ optimum = \frac{b1}{-2\ b2} = \frac{-3{,}833}{-2\ x -0{,}314} = 6{,}08$$

- Hasil tertinggi (Y maksimum):

  Untuk mengetahui hasil tertinggi dengan menggunakan rumus:

  Y maksimum = a + (b1 * X optimum) + (b2 * X optimum²)

  = -5,333 + (2,833 x 6,08) + (-0,314 x 6,08²)

  = 6,335

- Koefisien determinasi (R^2):

  $$= \frac{(b1\ x \sum z1y) + (b2\ x \sum z2y)}{\sum y^2}$$

  $$= \frac{(3{,}833\ x\ 1) + (-0{,}314\ x -5)}{5{,}407}$$

  = 1,0

Berdasarkan analisis ragam dan UJBD menunjukkan bahwa antara kontrol dan perlakuan ada beda nyata, dimana perlakuan memberikan hasil lebih baik. Berdasarkan Tabel 12.15 di atas menujukkan bahwa perlakuan jenis bahan organik kotoran marmot (M_2) dan kelelawar (M_3) tidak berbeda nyata, tetapi kedua jenis perlakuan tersebut menghasilkan jumlah buah per tanaman lebih tinggi dan berbeda nyata dengan bahan organik kotoran kelinci (M_1).

Tabel 12.15. Pengaruh Jenis Pupuk Kandang dan Dosisnya terhadap Jumlah Buah per Tanaman.

Jenis Pupuk Kandang	Dosis Kotoran (ton/ha)			Rerata
	K_1 (3)	K_2 (6)	K_3 (9)	
M_1 (Kelinci)	1,67 q	3,67 p	2,33 q	2,555 b
M_2 (Marmot)	3,33 q	7,67 p	4,00 q	5,000 a
M_3 (Kelelawar)	3,33 q	6,33 p	3,67 q	4,444 a
Perlakuan				3,666 y
Kontrol				1,677 x

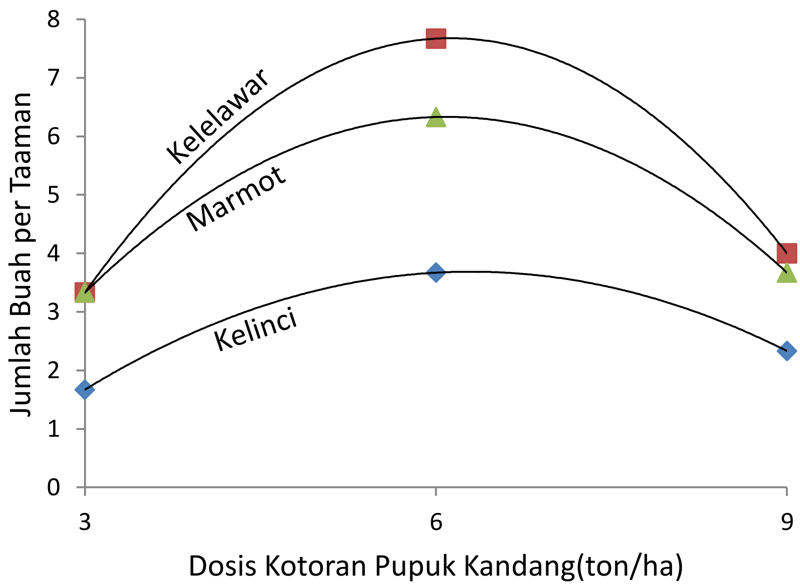
Keterangan: Rerata yang diikuti huruf sama baik pada baris maupun kolom menunjukkan tidak beda nyata antar perlakuan berdasarkan uji jarak berganda Duncan (DMRT) pada jenjang nyata 5%.

Perlakuan dosis kotoran pada kelinci, marmot dan kelelawar (Tabel 12.15) menunjukkan bahwa dosis 6 ton/ha (K_2) menghasilkan jumlah buah per tanaman lebih tinggi dan berbeda nyata dengan dosis 3 ton/ha (K_1) dan 9 ton/ha (K_3). Antara dosis 3 ton/ha (K_1) dan 9 ton/ha (K_3) tidak berbeda nyata.

Berdasarkan analisis regresi dosis pada masing-masing jenis kotoran sebagai berikut. Pada bahan organik kotoran kelinci diperoleh persamaan: $Y = -3{,}666 + 2{,}3333\ X – 0{,}1851\ X^2$, koefisien determinasi (R^2) = 1,0 dan diperoleh perlakuan optimum sebesar 6,3 ton/ha dan hasil maksimum sebesar 3,683. Pada bahan organik kotoran marmot: $Y = -9{,}0 + 5{,}444\ X – 0{,}444\ X^2$, koefisien determinasi (R^2) = 1,0 dan diperoleh perlakuan optimum sebesar 6,125 ton/ha dan hasil maksimum sebesar 7,673. Pada bahan organik kotoran kelelawar: $Y = -5{,}333 + 5{,}444\ X –$

0,314 X^2, koefisien determinasi (R^2) = 1,0 dan diperoleh perlakuan optimum sebesar 6,08 ton/ha dan hasil maksimum sebesar 6,335.

Pengaruh dosis kotoran bahan organik terhadap jumlah buah per tanaman dapat dilihat pada Gambar 12.6 berikut.



Gambar 12.6. Pengaruh Dosis Kotoran Pupuk Kandang terhadap Jumlah Buah per Tanaman

Gambar 12.6 menunjukkan bahan organik yang berasal dari kotoran kelelawar berpengaruh lebih baik dibandingkan bahan organik dari marmot atau kelinci.

BAB 13
PERCOBAAN FAKTORIAL

13.1. Pendahuluan

Faktorial berhubungan dengan bagaimana cara perlakuan dibentuk atau sekumpulan kombinasi perlakuan. Faktorial bukan sekedar rancangan melainkan sebuah percobaan, maka tidak ada rancangan (*design*) faktorial, yang ada adalah percobaan faktorial dengan bermacam rancangan (*design*).

Pada bab sebelumnya, hanya diamati pengaruh faktor tunggal terhadap respons tertentu. Dalam melaksanakan percobaan tersebut digunakan rancangan dasar, di antara yaitu RAL, RALK, RBL, GLS, dan sebagainya. Rancangan dasar ini tetap digunakan dalam setiap melakukan percobaan. Pembahasan berikut akan dikemukan percobaan yang menggunakan dua faktor atau lebih. Dalam melaksanakan percobaan faktorial, tetap digunakan salah satu rancangan dasar yaitu RAL, RALK, LS, GLS, dan sebagainya. Suatu faktor akan terdiri dari beberapa perlakuan yang disebut taraf faktor. Sebagai contoh dosis pupuk urea mempunyai 5 taraf (aras) faktor.

Suatu percobaan dengan menggunakan dua faktor yaitu dosis pupuk urea (notasi U) dan dosis pupuk TSP (notasi T). Apabila dosis pupuk urea terdiri dari tiga aras yaitu: 50 (U_1), 100 (U_2) dan 150 kg/ha (U_3), sedangkan dosis pupuk TSP terdiri dari 4 aras yaitu: 0 (T_0), 50 (T_1), 100 (T_2) dan 150 kg/ha (T_3).

Apabila dua faktor tersebut arasnya dikombinasikan, maka akan diperoleh kombinasi perlakuan sebagai berikut: U_1T_0, U_1T_1, U_1T_2, U_1T_3,

U_2T_0, U_2T_1, U_2T_2, U_2T_3, U_3T_0, U_3T_1, U_3T_2 dan U_3T_3, sehingga diperoleh sembilan kombinasi perlakuan. Sekumpulan kombinasi perlakuan tersebut dinamakan faktorial. Kasus di atas dinamakan percobaan faktorial 3 x 4. Jadi percobaan faktorial adalah suatu percobaan yang terdiri dari dua faktor atau lebih yang saling dikombinasikan aras-aras faktornya.

Keuntungan Penggunaan percobaan faktorial:
1. Dimungkinkan untuk mengetahui pengaruh interaksi antar faktor.
2. Lebih efisien dalam menggunakan sumber-sumber yang ada.
3. Informasi yang diperoleh lebih komperhensif karena mempelajari berbagai interaksi yang ada.
4. Hasil percobaan dapat diterapkan dalam suatu kondisi yang lebih luas karena mempelajari kombinasi dari berbagai faktor.

Kelemahan penggunaan percobaan faktorial:
1. Analisis statistik lebih kompleks.
2. Terdapat kesulitan dalam menyediakan satuan percobaan yang relatif homogen.
3. Serta pengaruh kombinasi perlakuan tertentu tidak berarti apa-apa sehingga terjadi pemborosan sumber daya yang ada.

Beberapa pengertian yang harus dipahami dalam percobaan faktorial yaitu pengaruh sederhana (*simple effect*), pengaruh utama (*main effect*) dan pengaruh interaksi (*interactions*).

Sebagai contoh percobaan pengaruh pemupukan dan jarak tanam terhadap hasil padi gogo (ku/ha). Pemupukan dengan notasi P terdiri dari dua aras yaitu Urea (P_1) dan urea+TSP (P_2). Jarak tanam diberi notasi J terdisri dari dua aras yaitu 20x20 cm (J_1) dan 20x25 cm (J_2) Yang berarti ada 4 kombinasi perlakuan yang dipelajari yaitu P_1J_1, P_1J_2, P_2J_1 dan P_2J_2. Data di bawah ini menyatakan rata-rata hasil padi gogo (ku/ha) pada berbagai perlakuan pemupukan dan jarak tanam.

Tabel 13.1. Data Rata-rata Hasil Padi Gogo (kw/ha)

Jarak tanam (cm)	Pemupukan		Rata-rata	$P_2 - P_1$
	Urea (P_1)	Urea + TSP (P_2)		
20 x 20 (J_1)	17,64	20,49	19,06	2,85
20 x 25 (J_2)	15,96	21,79	18,87	5,83
Rata-rata	16,8	21,14	37,94	4,34
$J_2 - J_1$	-1,68	1,30	-0,19	

Berdasarkan Tabel 13.1 di atas dapat menghitung besarnya pengaruh sederhana, pengaruh utama dan pengaruh interaksi.

a. Pengaruh sederhana yaitu pengaruh suatu faktor tertentu pada aras tertentu faktor lain terhadap respons.

1. Pengaruh sederhana faktor P pada aras faktor J_1 =
$P_2J_1 - P_1J_1 = 20,49 – 17,64 = 2,85$, hal ini berarti pengaruh faktor pemupukan pada jarak tanam 20 x 20 cm sebesar 2,85 kw/ha.

2. Pengaruh sederhana faktor P pada aras faktor J_2 =
$P_2J_2 - P_1J_2 = 21,79 – 15,96 = 5,83$, hal ini berarti pengaruh faktor pemupukan pada jarak tanam 20 x 25 cm sebesar 5,83 kw/ha.

3. Pengaruh sederhana faktor J pada aras faktor P_1 =
$P_1J_2 - P_1J_1 = 15,96 – 17,64 = -1,68$, hal ini berarti pengaruh faktor jarak tanam pada pemupukan urea sebesar -1,68 kw/ha.

4. Pengaruh sederhana faktor J pada aras faktor P_2 =
$P_2J_2 - P_2J_1 = 21,79 – 20,49 = 1,30$, hal ini berarti pengaruh faktor jarak tanam pada pemupukan urea + TSP sebesar 1,30 kw/ha.

b. Pengaruh utama yaitu merupakan rata-rata dari pengaruh sederhana.

1. Pengaruh utama faktor pemupukan:
$P = 1/2\ ((P_2J_1 - P_1J_1) + (P_2J_2 - P_1J_2))$
$= 1/2\ (5,83 + 2,85)$ kw/ha

= 4,34 kw/ha

Berarti pengaruh pemupukan sebesar 4,34 kw/ha

2. Pengaruh utama faktor jarak tanam:

   $P = 1/2\ ((P_1J_2 - P_1J_1) + (P_2J_2 - P_2J_1))$

   $= 1/2\ (1{,}30 – 1{,}68)$ kw/ha

   $= -0{,}19$ kw/ha

   Berarti pengaruh jarak tanam sebesar -0,19 kw/ha

c. Pengaruh interaksi merupakan rata-rata selisih respons di antara pengaruh sederhana suatu faktor. Pengaruh interaksi menunjukkan hubungan ketergantungan suatu faktor terhadap aras faktor tertentu dari faktor lain. Artinya pengaruh sederhana dari suatu faktor tergantung aras tertentu dari faktor yang lain. Dengan demikian pengaruh interaksi antara pemupukan dan jarak tanam (PJ) yaitu:

   Pengaruh interaksi (Pemupukan x Jarak tanam) =

   $PJ = 1/2\ \{(P_2J_1 - P_1J_1) - (P_2J_2 - P_1J_2)\}$

   $= 1/2\ \{(P_2J_1 + P_1J_2) - (P_1J_1 + P_2J_2)\}$

   Jadi :

   Pengaruh interaksi (pemupukan x jarak tanam) = PJ = 1/2 (5,83 - 2,85) = 1,49 kw/ha

   Pengaruh interaksi (jarak tanam x pemupukan) = JP = 1/2 (1,30 - (-1,68)) = 1,49 kw/ha

Dari perhitungan (a) tampak bahwa ada pengaruh interaksi antara pemupukan dan jarak tanam terhadap hasil tanaman, dimana pengaruh sederhana tidak sama besarnya. Dari sini dapat diketahui bahwa pengaruh pemakaian pupuk terhadap jarak tanam 20 x 25 cm lebih besar dibandingkan pada jarak tanam 20 x 20 cm. Dengan demikian maka pemakaian pupuk akan memberikan pengaruh nyata pada jarak tanam 20 x 25 cm daripada jarak tanam 20 x 20 cm.

Dari perhitungan (b) menunjukkan bahwa interaksi antara pemupukan dan jarak tanam sama dengan pengaruh interaksi antara jarak tanam dan pemupukan. Interaksi adalah kegagalan level-level sesuatu faktor untuk berperilaku yang sama pada level-level atau terhadap perubahan level-level faktor yang lain.

Apabila pengaruh interaksi tidak nyata, maka pengaruh utama dari faktor-faktor yang dicobakan dapat digeneralisasi. Apabila hasil pengujian menunjukkan bahwa terjadi interaksi nyata antar faktor, maka harus menguji pengaruh sederhananya. Jadi apabila pengaruh interaksi nyata, maka tidak boleh menarik kesimpulan secara umum pengaruh pemupukan atau jarak tanam nyata atau tidak. Jadi pengujian terhadap pengaruh utama dari faktor-faktor yang dicobakan menjadi tidak penting, karena pengaruh utama tidak mencerminkan keadaan yang sesungguhnya, hal ini disebabkan pengaruh sederhana dari faktor-faktor yang dicobakan tidak sama besarnya.

13.2. Cara Pengujian Interaksi pada Percobaan Faktorial

13.2.1 Cara pengujian beda nyata antar kombinasi perlakuan

Uji beda nyata digunakan UJBD α = 5%, dengan langkah-langkah berikut.

1. Rerata kombinasi perlakuan

U_1K_1	U_2K_1	U_3K_1	U_4K_1	U_1K_2	U_2K_2	U_3K_2	U_4K_2	U_1K_3	U_2K_3	U_3K_3	U_4K_3
46,92	56,81	64,39	65,06	52,79	64,87	71,56	73,85	90,00	90,00	90,00	90,00

2. *Standard error* kombinasi perlakuan (Sx) = $\sqrt{\frac{5,37}{3}}$ = 1,338

R (2 - 12 ; 24 ; 5%)

r =	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
rp =	2,92	3,07	3,15	3,22	3,28	3,31	3,34	3,37	3,38	3,40	3,41	x 1,338
3. SSD =	3,91	4,11	4,22	4,31	4,39	4,43	4,47	4,51	4,53	4,55	4,57	

4. Tabel UJBD pada α = 5%

SSD	4.57	4.55	4.53	4.51	4.47	4.43	4.39	4.31	4.22	4.11	3.91	
Ranking	U_1K_1	U_1K_2	U_2K_1	U_3K_1	U_2K_2	U_4K_1	U_3K_2	U_4K_2	U_2K_3	U_1K_3	U_3K_3	U_4K_3
Perlakuan	46,92	52,79	56,81	64,39	64,87	65,06	71,56	73,85	90,0	90,0	90,0	90,0
U4K3 = 90,0	43,08	37,21	33,19	25,61	25,13	24,94	18,44	16,15	0,0	0,0	0,0	0
U3K3 = 90,0	43,08	37,21	33,19	25,61	25,13	24,94	18,44	16,15	0,0	0,0	0	a
U1K3 = 90,0	43,08	37,21	33,19	25,61	25,13	24,94	18,44	16,15	0,0	0	a	
U2K3 = 90,0	43,08	37,21	33,19	25,61	25,13	24,94	18,44	16,15	0	a		
U4K2 = 73,85	26,93	21,06	17,04	9,46	8,98	8,79	2,29	0	a			
U3K2 = 71,56	24,64	18,77	14,75	7,17	6,69	6,50	0	b				
U4K1 = 65,06	18,14	12,27	8,25	0,67	0,19	0	b					
U2K2 = 64,87	17,95	12,08	8,06	0,48	0	c						
U3K1 = 64,39	17,47	11,60	7,58	0	c							
U2K1 = 56,81	9,89	4,02	0	c								
U1K2 = 52,79	5,87	0	d									
U1K1 = 46,92	0	d										
	e											

Berdasarkan hasil uji interaksi di atas, maka dapat disederhanakan dalam tabel penolong (Tabel 13.2) berikut.

Tabel 13.2. Rerata % Hidup Tanaman Pengaruh Perlakuan U dan K

Perlakuan	Perlakuan U				Rerata
	U_1	U_2	U_3	U_4	
K_1	46,92 e	56,81 d	64,39 c	65,06 c	58,29
K_2	52,79 d	68,87 c	71,56 b	73,85 b	65,76
K_3	90,00 a	90,00 a	90,00 a	90,00 a	90,00
Rerata	63,23	70,56	75,31	76,30	(+)

Keterangan: Rerata kombinasi perlakuan yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada jenjang nyata 5%. Tanda (+): Terjadi interaksi nyata antar kedua faktor

13.2.2. Cara pengujian beda nyata dengan menguji pengaruh sederhana suatu aras faktor dalam fakktor lain atau sebaliknya

Menguji Pengaruh sederhana U pada K

1. a. Rerata perlakuan U pada K_1

U_1K_1	U_2K_1	U_3K_1	U_4K_1
46,92	56,81	64,39	65,06

b. Rerata perlakuan U pada K_2

U_1K_2	U_2K_2	U_3K_2	U_4K_2
52,79	64,87	71,56	73,85

c. Rerata perlakuan U pada K_3

U_1K_3	U_2K_3	U_3K_3	U_4K_3
90,00	90,00	90,00	90,00

2. *Standard error* kombinasi perlakuan (Sx) = $\sqrt{\frac{5,37}{3}}$ = 1,338

R (2 - 4 ; 24 ; 5%)

r =	2	3	4
rp =	2,92	3,07	3,15
			x 1,338
3. SSD=	3,91	4,11	4,22

a. Tabel UJBD pada α = 5% Perlakuan U pada K_1

SSD	4,22	4,11	3,91	
Perlakuan	U_1K_1 46,92	U_2K_1 56,81	U_3K_1 64,39	U_4K_1 65,06
U_1K_1 = 46,92	18,14	8,25	0,67	0
U_2K_1 = 56,81	17,47	7,58	0	a
U_3K_1 = 64,39	9,89	0	a	
U_4K_1 = 65,06	0	b		
	c			

b. Tabel UJBD pada α = 5% Perlakuan U pada K_2

SSD	4,22	4,11	3,91	
Perlakuan	U_1K_2 52,79	U_2K_2 64,87	U_3K_2 71,56	U_4K_2 73,85
U_1K_1 = 73,85	21,06	8,98	2,29	0
U_2K_1 = 71,56	18,77	6,69	0	a
U_3K_1 = 64,87	12,08	0	a	
U_4K_1 = 52,79	0	b		
	c			

c. Tabel UJBD 5% perlakuan U pada K_3 tidak perlu diuji karena rerata perlakuannya sama yaitu 90,00

Menguji pengaruh sederhana K pada U

1. a. Rerata perlakuan K pada U_1

U_1K_1	U_1K_2	U_1K_3
46,92	56,81	64,39

b. Rerata perlakuan K pada U_2

U_2K_1	U_2K_2	U_2K_3
52,79	64,87	71,56

c. Rerata perlakuan K pada U_3

U_3K_1	U_3K_2	U_3K_3
90,00	90,00	90,00

d. Rerata perlakuan K pada U_4

U_4K_1	U_4K_2	U_4K_3
90,00	90,00	90,00

2. *Standard error* kombinasi perlakuan (Sx) = $\sqrt{\frac{5,37}{3}}$ = 1,338

R (2 - 3 ; 24 ; 5%)

r =	2	3
rp =	2,92	3,07

x 1,338

3. SSD= 3,91 4,11

a. Tabel UJBD pada α = 5% Perlakuan K pada U_1

SSD	4,11	3,91	
Perlakuan	U_1K_1 46,92	U_1K_2 52,79	U_1K_3 90,00
U_1K_1 = 46,92	43,08	37,21	0
U_1K_2 = 56,81	7,58	0	p
U_1K_3 = 64,39	0	q	
	r		

Uji seperti di atas dapat diteruskan pada aras perlakuan K pada U_2, U_3 dan U_4.

Berdasarkan hasil pengujian pengaruh sederhana baik aras perlakuan U pada perlakuan K atau aras perlakuan K pada perlakuan U, dapat ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 13.3. Rerata % Hidup Tanaman Pengaruh Perlakuan U dan K

Perlakuan	Perlakuan U				Rerata
	U_1	U_2	U_3	U_4	
K_1	46,92 p c	56,81 p b	64,39 p a	65,06 p a	58,29
K_2	52,79 q c	68,87 q b	71,56 q a	73,85 q a	65,76
K_3	90,00 r a	90,00 r a	90,00 r a	90,00 r a	90,00
Rerata	63,23	70,56	75,31	76,30	(+)

Keterangan: Rerata kombinasi perlakuan yang diikuti huruf sama baik pada baris maupun kolom menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan UJBD pada α = 5%. Tanda (+) = Terjadi interaksi nyata antar kedua faktor.

BAB 14

RANCANGAN ACAK LENGKAP (RAL) FAKTORIAL

14.1. Model Matematik dan Struktur Data RAL Faktorial

Percobaan faktorial dengan rancangan dasar RAL tidak lain adalah menggunakan RAL sebagai rancangan percobaannya, sedangkan faktor yang dicobakan lebih dari satu faktor. Telah dibahas penggunaan RAL untuk percobaan faktor tunggal pada bab sebelumnya. Pada prinsipnya sama, hanya dalam pembahasan ini ditujukan untuk percobaan yang menggunakan lebih dari satu faktor yang dikenal sebagai percobaan faktorial. Dalam percobaan faktorial berhadapan dengan kombinasi perlakuan yang merupakan kombinasi dari aras-aras faktor yang dicobakan.

Model matematik untuk percobaan faktorial yang terdiri dari dua faktor (faktor A dan B) dengan menggunakan rancangan dasar RAL sebagai berikut.

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_i + (\alpha\beta)_{ij} + \in_{ijk}$$

Keterangan:

X_{ijk} = Data pengamatan pada satuan percobaan ke-k, yang mendapatkan perlakuan ij (aras ke-i dari faktor A dan aras ke-j dari faktor B)

μ = Rata-rata yang sesungguhnya.

α_i = Pengaruh aditif aras ke-i dari faktor A

β_j = Pengaruh aditif aras ke-j dari faktor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Pengaruh interaksi aras ke-i faktor A dan aras ke-j dari faktor B

$\in_{ijk}$ = Pengaruh galat dari satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan ke-ij

Asumsi yang mendasar dari model matematik tersebut yaitu galat percobaan harus timbul secara acak, menyebar secara bebas dan normal dengan nilai rerata sama dengan nol dan ragam σ^2, atau dituliskan sebagai $\in_{ijk} \sim NI(0, \sigma^2)$.

Tabel 14.1 Struktur Data RAL Faktorial

Perlakuan A	Perlakuan B	Ulangan 1	2	....	k	....	r	Jumlah	Rerata
1	1	X_{111}	X_{112}	....	X_{11k}	....	X_{11r}	$\Sigma X_{11.}$	$\Sigma X_{11.}/r$
	.								
	j	X_{1j1}	X_{1j2}	....	X_{1jk}	....	X_{1jr}	$\Sigma X_{1j.}$	$\Sigma X_{1j.}/r$
	.								
	q	X_{1q1}	X_{1q2}	....	X_{1qk}	....	X_{1qr}	$\Sigma X_{1q.}$	$\Sigma X_{1q.}/r$
2	1	X_{211}	X_{212}	....	X_{21k}	....	X_{21r}	$\Sigma X_{21.}$	$\Sigma X_{21.}/r$
	.								
	j	X_{2j1}	X_{2j2}	....	X_{2jk}	....	X_{2jr}	$\Sigma X_{2j.}$	$\Sigma X_{2j.}/r$
	.								
	q	X_{2q1}	X_{2q2}	....	X_{2qk}	....	X_{2qr}	$\Sigma X_{2q.}$	$\Sigma X_{2q.}/r$
i	1	X_{i11}	X_{i12}	....	X_{i1k}	....	X_{i1r}	$\Sigma X_{i1.}$	$\Sigma X_{i1.}/r$
	.								
	j	X_{ij1}	X_{ij2}	....	X_{ijk}	... .	X_{ijr}	$\Sigma X_{ij.}$	$\Sigma X_{ij.}/r$
	.								
	q	X_{iq1}	X_{iq2}	....	X_{iqk}	....	X_{iqr}	$\Sigma X_{iq.}$	$\Sigma X_{iq.}/r$
p	1	X_{p11}	X_{p12}	....	X_{p1k}	....	X_{p1r}	$\Sigma X_{p1.}$	$\Sigma X_{p1.}/r$
	.								
	j	X_{pj1}	X_{pj2}	....	X_{pjk}	....	X_{pjr}	$\Sigma X_{pj.}$	$\Sigma X_{pj.}/r$
	.								
	q	X_{pq1}	X_{pq2}	....	X_{pqk}	....	X_{pqr}	$\Sigma X_{pq.}$	$\Sigma X_{pq.}/r$
Jumlah		$\Sigma X_{..1}$	$\Sigma X_{..2}$	...	$\Sigma X_{..k}$	...	$\Sigma X_{..r}$	$\Sigma X_{...}$	

14.2. Pengacakan pada RAL Faktorial

Pengacakan kombinasi perlakuan dilakukan secara acak terhadap seluruh ulangan kombinasi perlakuan sekaligus. Pengacakan dapat dilakukan secara lotre atau dengan menggunakan tabel acak.

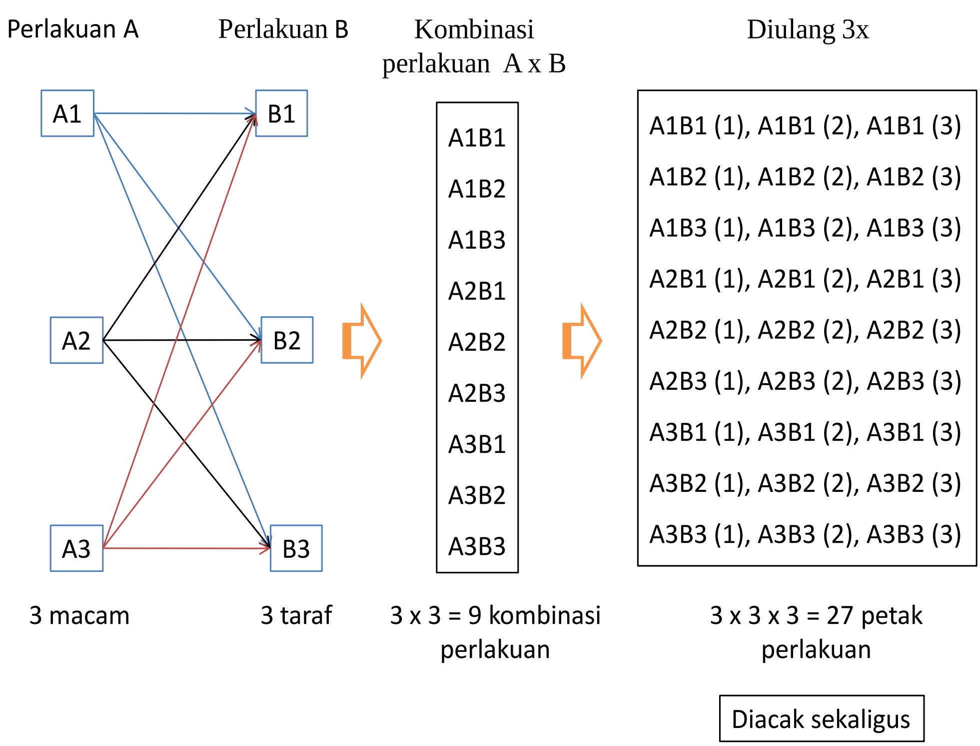
Contoh:

Percobaan faktorial dengan perlakuan yang terdiri atas dua faktor yang disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL). Faktor pertama yaitu warna mulsa plastik (simbul A) yang terdiri atas tiga macam, yaitu: A_1 = merah, A_2 = hitam dan A_3 = transparan. Faktor kedua yaitu waktu solarisasi (simbul B) yang terdiri dari tiga taraf, yaitu: B_1 = 10, B_2 = 20 dan B_3 = 30 hari, sehingga diperoleh 3 x 3 = 9 kombinasi perlakuan dan masing-masing diulang tiga kali, maka dibutuhkan 9 x 3 = 27 petak perlakuan.

Persiapan pengacakan perlakuan:

a. Tahap pertama: faktor pertama yang terdiri dari 3 macam: A_1, A_2 dan A_3 dikombinasikan dengan aras-aras faktor kedua, yaitu: B_1, B_2 dan B_3 sehingga dihasilkan 9 kombinasi perlakuan (Gambar 3)
b. Tahap kedua: dari 9 kombinasi perlakuan masing-masing dibuat 3 kali ulangan sehingga diperoleh 27 petak perlakuan (Gambar 14.1)
c. Berikut perlakuan, hasil kombinasi perlakuan dengan ulangannya dapat dilihat pada Gambar 14.1.

Persiapan pengacakan perlakuan



Gambar 14.1. Perlakuan, Kombinasi Perlakuan dan Ulangan

Pengacakan perlakuan dalam rancangan acak lengkap (RAL):

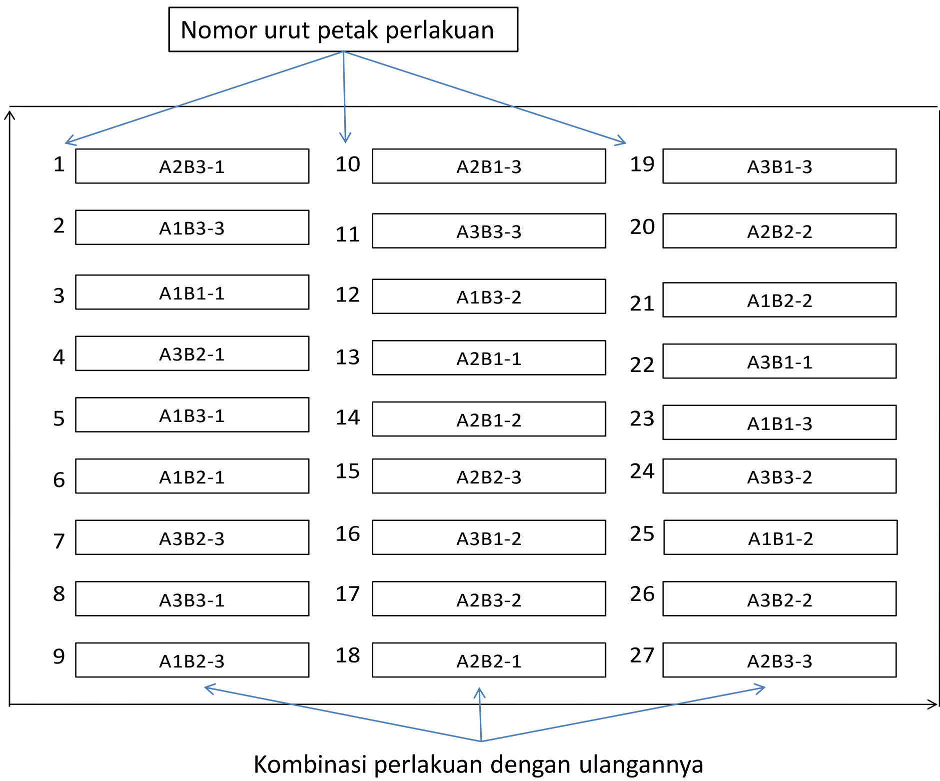
a. Karena ada 27 petak perlakuan, maka disediakan 27 kertas (ukuran 2 x 3 cm) yang akan diberi tulisan kombinasi perlakuan beserta ulangannya. 27 kertas tersebut masing-masing diberi tulisan: A_1B_1 (1), A_1B_1 (2), A_1B_1 (3), A_1B_2 (1), A_1B_2 (2), A_1B_2 (3) dan seterusnya hingga A_3B_3 (1), A_3B_3 (2), A_3B_3 (3).

b. Gambar tata letak perlakuan sudah dipersiapkan lebih dahulu dengan sejumlah 27 petak perlakuan dan masing-masing sudah diberi nomor urut 1-27. Pemberian nomor urut bebas, bisa dari atas ke bawah atau dari kiri ke kanan (Gambar 14.2).

c. Setelah semua kertas diberi tulisan, selanjutnya dilinting satu per satu dan dimasukkan dalam kotak. Pengacakan dilakukan sekaligus (seluruh perlakuan dengan ulangannya). Lintingan dalam kotak dikopyok dan dilakukan pengambilan 1 lintingan kertas satu per satu. Setiap kertas lintingan yang sudah terambil tidak boleh dimasukan atau dikembalikan ke kotak.

d. Tahapan pengacakan sebagai berikut:
   1) Pengambilan kertas lintingan yang ke-1 ternyata A_2B_3 (1) yang akan menempati petak nomor 1.
   2) Kotak dikopyok lagi dan dilakukan pengambilan kertas lintingan yang ke-2 ternyata terambil A_1B_3 (3) menempati petak nomor 2.
   3) Kotak dikopyok lagi dan dilakukan pengambilan kertas lintingan yang ke-3 ternyata terambil A_1B_1 (1) menempati petak nomor 3.
   4) Kotak dikopyok lagi dan dilakukan pengambilan kertas lintingan yang ke-4 ternyata terambil A_3B_2 (1) menempati petak nomor 4.
   5) Kotak dikopyok lagi dan dilakukan pengambilan kertas lintingan yang ke-3 ternyata terambil A_1B_3 (1) menempati petak nomor 5.
   6) Kotak dikopyok lagi dan dilakukan pengambilan kertas lintingan yang ke-3 ternyata terambil A_1B_2 (1) menempati petak nomor 6.
   7) Kotak dikopyok lagi dan dilakukan pengambilan lintingan yang ke-3 ternyata terambil A_3B_2 (1) yang akan menempati petak nomor 4. Dan seterusnya dilakukan terus hingga tinggal 1 kertas lintingan terakhir.
   8) Pengambilan kertas lintingan ke-27 (kertas lintingan terakhir) ternyata A_2B_2 (3) menempati petak nomor 27. Dan pekerjaan pengacakan sudah selesai.

9) Berikut tata letak hasil pengacakan dalam RAL dapat dilihat pada Gambar 14.2.



Gambar 14.2. Tata Letak Perlakuan dalam RAL

14.3. Analisis Ragam RAL Faktorial

Jika penelitian menggunakan RALK, maka sumber keragaman data, yaitu: perlakuan dan *error*. Sumber ragam pada perlakuan sendiri disebabkan: keragaman karena pengaruh faktor pertama (A), faktor kedua (B) dan interaksi antar kedua faktor (A x B).

Tabel 14.2. Analisis Ragam RAL Faktorial

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F. hitung	F. tabel 5%
Perlakuan	AB-1	JKP	KTP	F hit. P	Fα% (DBP;DBG)
A	A-1	JKA	KTA	F hit. A	Fα% (DBA;DBG)
B	B-1	JKB	KTB	F hit. B	Fα% (DBB;DBG)
A x B	(A-1)(B-1)	JKAxB	KTAxB	F hit.AxB	Fα% (DBAB;DBG)
Galat	AB(k-1)	JKG	KTG		
Jumlah	kAB-1	JKt			

Keterangan:

Jika F hitung perlakuan > F Tabel 5% perlakuan menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter yang diamati. Jika perlakuan berpengaruh nyata, maka minimal salah satu faktor A, B atau interaksi A x B berpengaruh nyata. Jika F hitung perlakuan < F Tabel 5% perlakuan, maka perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap parameter yang diamati. Jika perlakuan tidak berpengaruh nyata, maka pengaruh faktor A, B maupun interaksi A x B tidak berpengaruh nyata. Jika terjadi salah satu masih berpengaruh nyata, maka diabaikan.

Prosedur analisis ragam untuk percobaan faktorial yang terdiri dari dua faktor dengan menggunakan rancangan dasar RAL, dapat dilihat pada teladan berikut:

14.3. Teladan RAL faktorial 3x3

Suatu penelitian berjudul “Pengaruh Konsentrasi 2,4 D terhadap Pertumbuhan Kalus pada Beberapa Kultivar Pisang (*Musa paradisiaca* L.) secara in vitro”. Penelitian ini dilaksanakan di lapangan dengan menggunakan percobaan faktorial yang disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL) faktorial.

Faktor pertama yaitu konsentrasi 2,4 D (dengan simbul D) yang terdiri dari 3 aras yaitu: D_1 = 1, D_2 = 2, D_3 = 3 mg/l. Faktor kedua yaitu macam kultivar (dengan simbul v) yang terdiri dari 3 aras yaitu: V_1 = Pisang Cavendish, V_2 = Pisang Ambon, V_3 = Pisang Raja, sehingga diperoleh 3 x 3 = 9 perlakuan. Masing-masing perlakuan diulang tiga kali, maka diperlukan 3 x 3 x 3 = 27 petak atau plot. Masing-masing petak terdiri dari 3 sampel tanaman, sehingga keseluruhan dibutuhkan tanaman sebanyak 3 x 3 x 3 x 3 = 81 tanaman. Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan dan parameter yang diamati yaitu penilaian kalus.

Tahap 1 : Penyusunan kembali data dari lapangan

Tabel 14.3. Rerata Penilaian Kalus (Skoring)

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
D_1V_1	3,0	3,5	2,5	9,0	3,00
D_1V_2	2,5	2,0	2,5	7,0	2,33
D_1V_3	2,5	1,0	1,5	5,0	1,66
D_2V_1	4,0	3,0	4,0	11,0	3,66
D_2V_2	3,5	3,0	2,5	9,0	3,00
D_2V_3	2,5	2,0	2,0	6,5	2,16
D_3V_1	3,5	2,5	2,0	8,0	2,66
D_3V_2	2,5	2,0	2,5	7,0	2,33
D_3V_3	1,5	1,5	2,5	5,5	1,83
Jumlah	25,5	20,5	22,0	68,0	2,51

Keterangan: k = ulangan (diulang 3 kali)

Berdasarkan data tersebut maka dilakukan perhitungan, dengan tahapan sebagai berikut.

Tahap 2 : Perhitungan faktor koreksi (FK) dan jumlah kuadrat (JK)

1. Faktor koreksi (FK) $= \dfrac{(\mathrm{GT})^2}{\mathrm{D \times V \times k}} = \dfrac{68{,}0^2}{(3 \times 3 \times 3)}$ = 171,2592

2. JK total (JKt) $= \sum\sum X_{ijk}^2$ - FK

$= (3^2 + ... + 2.5^2) - 4806{,}3$

= 14,7407

3. JK perlakuan (JKT) $= \dfrac{\sum X_{ij.}{}^2}{\mathrm{k}}$ - FK

$= \dfrac{(9{,}0^2 + ... + 5.5^2)}{3} - 171{,}2592$

= 9,5740

Tabel 14.4. Penolong (DxV)

Konsentrasi 2,4 D	Macam Kultivar			Jumlah	Rerata
	V_1	V_2	V_3		
D_1	9,0	7,0	5,0	21,0	2,33
D_2	11,0	9,0	6,5	26,5	2,94
D_3	8,0	7,0	5,5	20,5	2,27
Jumlah	28,0	23,0	17,0	68,0	
Rerata	3,11	2,55	1,88		

4. JK konsentrasi 2,4 D (JKD) $= \dfrac{\sum X_{i..}{}^2}{\mathrm{V \times k}}$ - FK

$= \dfrac{(21^2 + ... + 20{,}5^2)}{3 \times 3} - 171{,}2592$

= 2,4629

Tabel 14.5. Orthogonal Polinomial untuk Interval Perlakuan Sama pada Perlakuan Konsentrasi 2,4 D (D)

Trend Regresi	Konsentrasi 2,4 D (mg/l)			Deviasi x^2
	D_1	D_2	D_3	
Linier	-1	0	1	2
Kuadratik	1	-2	1	6
Jumlah	21	26,5	20,5	

Dari Tabel 14.5. di atas dapat dihitung jumlah kuadrat regresi (JKR):

5. JK regresi (JKR) untuk perlakuan D:

   a. JKR Linier (JKR L) $= \dfrac{\sum(-1 \text{ x } \Sigma D1)+\cdots+(1 \text{ x } \Sigma D3)^2}{\text{k x V x X}^2\text{Linier}}$

   $= \dfrac{\{(-1 \text{ x } 21) +\ldots+ (1 \text{ x } 20{,}1)\}^2}{3 \text{ x } 3 \text{ x } 2}$

   $=$ 0,01388

   b. JKR kuadratik (JKR Q) $= \dfrac{\sum(1 \text{ x } \Sigma D1)+ \ldots+ (1 \text{ x } \Sigma D3)^2}{\text{k x V x X}^2\text{kuadratik}}$

   $= \dfrac{\{(1 \text{ x } 21) +\ldots+ (1 \text{ x } 20{,}5)\}^2}{3 \text{ x } 3 \text{ x } 6}$

   $=$ 2,44907

6. JK macam kultivar (JKV) $= \dfrac{\sum X_{.j.}{}^2}{\text{D x k}}$ - FK

   $= \dfrac{(28^2 + \ldots. + 17^2)}{3 \text{ x } 3}$ - 171,2592

   $=$ 6,7407

7. Jk Interaksi 2,4 D & macam kultivar (JK DxV) = JKP - JKD - JKV

= 9,57407 – 2,46296 – 6,74074

= 0,37037

8. JK galat (JKG) = JKt - JKP

= 14,74074 – 9,57407

= 5,16666

Tahap 3 : Perhitungan derajad bebas (DB)

1. DB total (DBt) = (D x V x k) - 1 = (3 x 3 x 3) - 1 = 26
2. DB perlakuan (DBP) = (D x V) - 1 = (3 x 3) - 1 = 8
3. DB konsentrasi 2,4 D (DBD) = D - 1 = 3 - 1 = 2
4. DB regresi (DBR) = 1 (terdefinisi)
5. DB macam kultivar (DBV) = V - 1 = 3 - 1 = 2
6. DB interaksi D x V (DB D x V) = (D - 1) (V - 1) = (3 - 1) (3 - 1) = 4
7. DB galat (DBG) = DBt - DBP = 26 - 8 = 18

Tahap 4 : Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT perlakuan (KTT) = $\frac{\text{JKT}}{\text{DBT}} = \frac{9{,}57407}{8}$ = 1,19675

2. KT dosis pupuk 2,4 D (KTD) = $\frac{\text{JKD}}{\text{DBD}} = \frac{2{,}46296}{2}$ = 1,23148

3. KT regresi (KTR) untuk konsentrasi 2,4 D

   a. KTR Linier (KTR L) = $\frac{\text{JKR Linier}}{\text{DBR}} = \frac{0{,}01388}{1}$ = 0,01388

b. KTR kuadratik (KTR Q) = $\frac{\text{JKR kuadratik}}{\text{DBR}} = \frac{2{,}44907}{1}$ = 2,44907

4. KT macam kultivar (KTV) = $\frac{\text{JKV}}{\text{DBV}} = \frac{6{,}74074}{2}$ = 3,37037

5. KT interaksi DxV (KT DxV) = $\frac{\text{JK DxV}}{\text{DB DxV}} = \frac{0{,}37037}{4}$ = 0,09259

6. KT galat (KTG) = $\frac{\text{JKG}}{\text{DBG}} = \frac{5{,}16666}{18}$ = 0,28703

Tahap 5 : Perhitungan F Hitung

1. F hitung perlakuan = $\frac{\text{KTT}}{\text{KTG}} = \frac{1{,}19675}{0{,}28703}$ = 4,169
2. F hitung konsentrasi 2, 4 D = $\frac{\text{KTD}}{\text{KTG}} = \frac{1{,}23148}{0{,}28703}$ = 4,290
3. F hitung regresi untuk dosis pupuk K
   a. Linier = $\frac{\text{KTR L}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}01388}{0{,}28703}$ = 0,048
   b. Kuadratik = $\frac{\text{KTR Q}}{\text{KTG}} = \frac{2{,}44907}{0{,}28703}$ = 8,532
4. F hitung macam kultivar = $\frac{\text{KTV}}{\text{KTG}} = \frac{3{,}3707}{0{,}28703}$ = 11,741
5. F hitung interaksi KxP = $\frac{\text{KT DxV}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}09259}{0{,}28703}$ = 0,322

Tahap 6 : Memasukan perhitungan ke tabel analisis ragam

Tabel 14.5. Analisis Ragam dalam RAL Faktorial

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F.Hitung	F.tabel 5%
Perlakuan	8	9,57407	1,19675	4,169 *	2,51
D	2	2,46296	1,23148	4,290 *	3,55
Linier	1	0,01388	0,01388	0,048 ns	4,41
Kuadratik	1	2,44907	2,44907	8,532 *	4,41
V	2	6,74074	3,37037	11,741 *	3,55
D x V	4	0,37037	0,09259	0,322 ns	2,93
Galat	18	5,16666	0,28703		
Jumlah	26	14,74074			

Keterangan = ns = Tidak berpengaruh nyata, * = Berpengaruh nyata

Berdasarkan Tabel 14.5 dapat disimpulkan bahwa:

- F hitung perlakuan (4,169) > F tabel 5% perlakuan (2,51), berarti perlakuan berpengaruh nyata terhadap jumalah kalus dengan ditandai *.
- Perlakuan konsentrasi 2, 4 D (D) berpengaruh nyata terhadap jumlah kalus F hitung (4,290) > F Tabel 5% (3,55) dan pengaruhnya bersifat kuadratik karena F hitung kuadratik (8,532) > F Tabel 5% (4,41), sedangkan F hitung linier tidak nyata.
- Perlakuan macam kultivar (V) berpengaruh nyata terhadap jumlah kalus dengan F hitung (11,741) > F Tabel 5% (3,55). Interaksi antar perlakuan D x V tidak nyata, karena F hitung interaksi D x V (0,322) < F Tabel 5% interaksi D x V (2,93).

Koefisien keragaman (KK) atau *coeficient variation* (CV):

$$(\text{KK}) = \frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\dot{\text{X}}} \text{ x } 100\% = \frac{\sqrt{0{,}28703}}{2{,}518} \text{ x } 100\% = 21{,}27\%$$

Pada penelitian ini terjadi keragaman yang disebabkan oleh faktor lain yang tidak bisa dikendalikan oleh peneliti sebesar 21,27%

Tahap 7 : Pengujian terhadap perlakuan yang berbeda nyata

UJBD pada jenjang nyata 5% pada perlakuan 2,4 D

1. Rerata Perlakuan konsentrasi 2,4 D, yaitu:
   D_1 = 2,333 D_2 = 2,944 D_3 = 2,277
2. *Standard error* rerata perlakuan D (Sx D)

   $$\text{Sx D} = \sqrt{\frac{\text{KTG}}{\text{V x k}}} = \sqrt{\frac{0{,}28703}{3 \text{ x } 3}} = 0{,}17858$$
3. R (r - p; DBG; α%) = (2 - 3 ; 18 ; 5%)

r =	2	3
Rp =	2,97	3,12
		x 0,1785
4. SSD = 0,530 0,557

Tabel 14.6. UJBD pada α = 5%

SSD = Rp x Sx	0,557	0,530		
Rerata Perlakuan	D_3 = 2,277	D_1 = 2,333	D_2 = 2,944	
D_2 = 2,944	0,666	0,611	0	Baris 1
D_1 = 2,333	0,055	0	a	Baris 2
D_3 = 2,277	0	b		Baris 3
	b			

Baris 1. D_2 dibandingkan dengan perlakuan D_1 dan D_3. Garis datar di bawah 0 pada perlakuan D_2 tidak dapat dihubungkan dengan angka 0,611 di bawah perlakuan D_1 karena angka 0,611 > 0,530 (SSD pada D_1), apalagi dengan D_3. Angka 0,611 diperoleh dari selisih D_2 (2,944) dan D_1 (2,333) dan angka 0,666 diperoleh selisih antara D_2 (2,944) dengan D_3 (2,277). Penulisan huruf abjad a hanya di bawah perlakuan D_2 karena sudah berbeda dengan perlakuan D_1 dan D_3.

Baris 2. D_1 dibandingkan dengan perlakuan D_3. Garis datar di bawah angka 0 boleh dihubungkan dengan angka 0,055 karena angka 0,055 < 0,557 (SSD pada D_3). Angka 0,055 diperoleh dari selisih antara D_1 (2,333) dan D_3 (2,277). Penulisan dimulai huruf b karena sudah ganti baris (b adalah setelah huruf a).

Baris 3. Di bawah angka 0 pada perlakuan D_3 langsung diberi garis bawah dan dibawah angka 0 langsung diberi notasi b karena sudah diwakili huruf b pada baris 2.

UJBD pada jenjang nyata 5% pada perlakuan kultivar (V):

1. Rerata Perlakuan macam kultivar, yaitu:
   V_1 = 3,111 V_2 = 2,555 V_3 = 1,888

2. *Standard error* rerata perlakuan V (Sx V)

$$\text{Sx V} = \sqrt{\frac{\text{KTG}}{\text{D x k}}} = \sqrt{\frac{0{,}28703}{3 \text{ x } 3}} = 0{,}17858$$

3. R (r - p; DBG; α%) = (2 - 3 ; 18 ; 5%)

r =	2	3	
Rp =	2,97	3,12	x 0,1785
4. SSD =	0,530	0,557	

Tabel 14.7. UJBD pada α = 5%

SSD = Rp x Sx	0,557	0,530		
Rerata Perlakuan	V_3 = 1,888	V_2 = 2,555	V_1 = 3,111	
V_1 = 2,944	1,222	0,555	0	Baris 1
V_2 = 2,333	0,666	0	p	Baris 2
V_3 = 1,888	0	q		Baris 3
	r			

Baris 1. V_1 dibandingkan dengan perlakuan V_2 dan V_3. Garis datar di bawah 0 pada perlakuan V_1 tidak boleh dihubungkan dengan angka 0,555 di bawah perlakuan V_2 karena angka 0,555 > 0,530 (SSD pada V_2), apalagi dengan V_3. Angka 0,555 diperoleh dari selisih V_1 (3,111) dan V_2 (2,555) dan angka 1,222 diperoleh selisih antara V_1 (3,111) dengan V_3 (1,888). Penulisan huruf abjad p hanya di bawah perlakuan V_1 saja karena sudah berbeda dengan perlakuan yang lain.

Baris 2. V_1 dibandingkan dengan perlakuan V_3. Garis datar di bawah angka 0 tidak boleh dihubungkan dengan angka 0,666 karena angka 0,666 > 0,557 (SSD pada V_3). Angka 0,666 diperoleh dari selisih antara V_2 (2,555) dengan V_3 (1,888). Penulisan dimulai huruf q karena sudah ganti baris (setelah huruf p).

Baris 3. Di bawah angka 0 pada perlakuan V_3 langsung diberi garis bawah dan dibawah angka 0 langsung diberi notasi r karena tidak diwakili oleh garis datar pada baris 2 di atasnya.

Berdasarkan uji jarak berganda duncan dan analisis regresi kuadratik di atas, maka dapat dijelaskan pengaruh konsentrasi 2,4 D terhadap rata-rata penilaian kalus.

Tabel 14.8. Pengaruh Konsentrasi 2,4 D terhadap Penilaian Kalus

Konsentrasi 2,4 D	Macam Kultivar			Rerata
	V_1	V_2	V_3	
D_1	3,00	2,33	1,66	2,33 b
D_2	3,66	3,00	2,16	2,94 a
D_3	2,66	2,33	1,83	2,27 b
Rerata	3,11 p	2,55 q	1,88 r	(-)

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf sama baik pada kolom maupun baris menunjukkan tidak ada beda nyata antar perlakuan berdasarkan uji jarak berganda Duncan (DMRT) pada jenjang nyata 5%. Tanda (-): Tidak terjadi interaksi nyata

Berdasarkan Tabel 14.8 tersebut di atas menunjukkan bahwa antar perlakuan konsentrasi 2 mg/l (D_2) berbeda nyata dengan 1 mg/l (D_1) maupun 3 mg/l (D_3), tetapi antara perlakuan konsentrasi 1 mg/l (D_1) dan 3 mg/l (D_3) tidak berbeda nyata. Perlakuan macam varietas menunjukkan bahwa antar perlakuan berbeda nyata, dimana pisang Cavendish (V_1) memberikan hasil tertinggi, kemudian menurun pada pisang Ambon (V_2) dan terendah pisang Raja (V_3).

Berdasarkan analisis ragam menunjukkan bahwa pengaruh 2,4 D (perlakuan D) terhadap penilaian kalus varietas pisang bersifat kuadratik dan selanjutnya dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai a (konstanta), b_1 (koefisien regresi b_1), koefisien regresi b_2 (b_2), dan koefisien determinasi kuadratik (R^2). Perhitungan analisis regresi kuadratik dilakukan pada masing-masing kultivar (V) sebagai berikut.

Tahap 8. Analisis regresi untuk perlakuan konsentrasi 2,4 D pada masing-masing Kultivar

Pada percobaan ini terdapat tiga kultivar, maka dicari persamaan regresi kuadratik pada masing-masing kultivar.

Analisis regresi kuadratik pada pisang Cavendish (V_1):

Diketahui: Perlakuan D_i dianggap sebagai X_i yaitu: $X_1 = 1$, $X_2 = 2$, dan $X_3 = 3$. Rerata perlakuan $\dot{X}_{.j}$ dianggap sebagai Y_i yaitu: $Y_1 = 3{,}000$; $Y_2 = 3{,}666$; dan $Y_3 = 2{,}666$. Selanjutnya dilakuan analisis regresi kuadratik dengan langkah berikut.

Tabel 14.9. Persamaan Regresi Kuadratik untuk Perlakuan D pada V1

Rerata Hasil Y	y	Dosis Pupuk P X	z1	X²	z2	z1y	z2y	z1z2
3,000	-0,111	1	-1	1	-3,111	0,111	0,4074	3,666
3,666	0,555	2	0	2	-0,666	0,000	-0,3703	0,000
2,666	-0,444	3	1	9	4,333	-0,444	-1,9259	4,333
$\bar{Y}$	Σy^2	$\ddot{X}$	$\Sigma z1^2$	$\ddot{X}^2$	$\Sigma z1^2$	$\Sigma z1y$	$\Sigma z2y$	$\Sigma z1z2$
3,111	0,5185	2	2	4,666	32,666	-0,333	-1,888	8,000

Persamaan umum regresi kuadratik: $Y = a + b_1 X + b_2 X^2$, maka dapat dicari nilai dari konstanta (a), koefisien regresi b_1 dan koefisien regresi b_2 dengan perhitungan berikut.

- Koefisien regresi $b_1 = \dfrac{(\Sigma z2^2 \text{ x } \Sigma z1y) - (\Sigma z1z2 \text{ x } \Sigma z2y)}{(\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2^2) - (\Sigma z1z2)^2}$

$$= \frac{(32{,}666 \text{ x } -0{,}333) - (8 \text{ x } -1{,}8888)}{(2 \text{ x } 32{,}666) - (8)^2}$$

$= 3{,}1666$

- Koefisien regresi $b_2 = \dfrac{(\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2y) - (\Sigma z1z2 \text{ x } \Sigma z1y)}{(\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2^2) - (\Sigma z1z2)^2}$

$$= \frac{(2 \text{ x } -1{,}8888) - (8 \text{ x } -0{,}333)}{(2 \text{ x } 32{,}666) \; - \; (8)^2}$$

$= \;\; -0{,}8333$

- Konstanta (a) $= \bar{Y} - (b_1 \text{ x } \bar{X}) - (b_2 \text{ x } \bar{X}^2)$
  $= 3{,}111 - (3{,}1666 \text{ x } 2) - (-0{,}8333 \text{ x } 4{,}666)$
  $= 0{,}6666$

- Sehingga diperoleh persamaan regresi kuadratik pada kultivar V_1, yaitu: $Y = 0{,}6666 + 3{,}1666\,X - 0{,}8333\,X^2$

- Perlakuan terbaik (X opt) $= \frac{-\,b1}{2\,b2} = \frac{-3{,}1666}{(2 \text{ x } -0{,}8333)} = 1{,}9$ ml/l

- Hasil tertinggi (Y maks) $= Y_{maks} = a + (b_1 \text{ x } X_{opt}) + (b_2 \text{ x } X_{opt}^{\;2})$
  $= 0{,}666 + (3{,}1666 \text{ x } 1{,}9) + (-0{,}8333 \text{ x } 1{,}9^2)$
  $= 3{,}675$

- Koefisien determinasi (R^2) $= \frac{(b1 \text{ x } \Sigma z1y) \; + \; (b2 \text{ x } \Sigma z2y)}{\Sigma y^2}$

$$= \frac{(0{,}3166 \text{ x } -0{,}3333) + (-0{,}8333 \text{ x } -1{,}8888)}{0{,}5185}$$

$= 1{,}000$

Analisis regresi kuadratik pada pisang Ambon (V2):

Diketahui: Perlakuan D_i dianggap sebagai X_i yaitu: $X_1 = 1$, $X_2 = 2$, dan $X_3 = 3$. Rerata perlakuan $\dot{X}_{.j}$ dianggap sebagai Y_i yaitu: $Y_1 = 2{,}333$; $Y_2 =$

3,000 ; dan Y_3 = 2,333. Selanjutnya dilakuan analisis regresi kuadratik dengan langkah berikut.

Tabel 14.10. Persamaan Regresi Kuadratik untuk Perlakuan D pada V_2

Rerata Hasil Y	y	Dosis Pupuk P X	z1	X²	z2	z1y	z2y	z1z2
2,333	-0,222	1	-1	1	-3,111	0,111	0,4074	3,666
3,000	0,555	2	0	2	-0,666	0,000	-0,3703	0,000
2,333	-0,444	3	1	9	4,333	-0,444	-1,9259	4,333
$\bar{Y}$	Σy^2	$\ddot{X}$	$\Sigma z1^2$	$\ddot{X}^2$	$\Sigma z1^2$	$\Sigma z1y$	$\Sigma z2y$	$\Sigma z1z2$
2,555	0,5544	2	2	4,666	32,666	-0,333	-1,888	8,000

Persamaan umum regresi kuadratik: $Y = a + b_1 X + b_2 X^2$, maka dapat dicari nilai dari konstanta (a), koefisien regresi b_1 dan koefisien regresi b_2 dengan perhitungan berikut.

- Koefisien regresi $b_1 = \dfrac{(\Sigma z2^2 \text{ x } \Sigma z1y) - (\Sigma z1z2 \text{ x } \Sigma z2y)}{(\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2^2) - (\Sigma z1z2)^2}$

$$= \frac{(32{,}666 \text{ x} -0{,}333) - (8 \text{ x } -1{,}888)}{(2 \text{ x } 32{,}666) - (8)^2}$$

$$= 2{,}6666$$

- Koefisien regresi $b_2 = \dfrac{(\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2y) - (\Sigma z1z2 \text{ x } \Sigma z1y)}{(\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2^2) - (\Sigma z1z2)^2}$

$$= \frac{(2 \text{ x } -0.4444) - (8 \text{ x} -0{,}333)}{(2 \text{ x } 32{,}666) - (8)^2}$$

$$= -0{,}6666$$

- Konstanta (a) = $\overline{Y}$ - (b_1 x $\overline{X}$) - (b_2 x $\overline{X^2}$)

  = 2,555 - (2,666 x 2) - (-0,6666 x 4,666)

  = 0,3333

- Sehingga diperoleh persamaan regresi kuadratik pada kultivar V_2, yaitu: $Y = 0{,}3333 + 2{,}6666\ X - 0{,}6666\ X^2$
-
- Perlakuan terbaik (X opt) $= \dfrac{-\ b1}{2\ b2} = \dfrac{-2{,}6666}{(2\ \mathrm{x}\ -0{,}6666)}$ = 2,0 ml/l

- Hasil tertinggi (Y maks) = Y_{maks} = a + (b_1 x X_{opt}) + (b_2 x X_{opt}^2)

  = 0,333 +(2,6666 x 2.0) + (-0,6666 x $2{,}0^2$)

  = 3,00

- Koefisien determinasi (R^2) $= \dfrac{(b1\ \mathrm{x}\ \Sigma z1y)\ +\ (b2\ \mathrm{x}\ \Sigma z2y)}{\Sigma y^2}$

$$= \frac{(2{,}6666\ \mathrm{x}\ -0{,}333) + (-0{,}666\ \mathrm{x}\ -1{,}888)}{0{,}5544}$$

= 1,000

Analisis regresi kuadratik pada pisang Raja (V3):

Diketahui: Perlakuan D_i dianggap sebagai X_i yaitu: $X_1 = 1$, $X_2 = 2$, dan $X_3 = 3$. Rerata perlakuan $\dot{X}_{.j}$ dianggap sebagai Y_i yaitu: Y_1 = 1,266 ; Y_2 = 2,166 ; dan Y_3 = 1,833. Selanjutnya dilakuan analisis regresi kuadratik dengan langkah berikut.

Tabel 14.11. Persamaan Regresi Kuadratik untuk Perlakuan D pada V_3

Rerata Hasil Y	y	Dosis Pupuk P X	z1	X²	z2	z1y	z2y	z1z2
1,266	-0,222	1	-1	1	-3,111	0,222	0,8148	3,666
2,166	0,277	2	0	2	-0,666	0,000	-0,1851	0,000
1,833	-0,055	3	1	9	4,333	-0,055	-0,2487	4,333
$\bar{Y}$	Σy^2	$\ddot{X}$	$\Sigma z1^2$	$\ddot{X}^2$	$\Sigma z1^2$	$\Sigma z1y$	$\Sigma z2y$	$\Sigma z1z2$
1,888	0,1296	2	2	4,666	32,666	0,1666	0,3888	8,000

Persamaan umum regresi kuadratik: $Y = a + b_1 X + b_2 X^2$, maka dapat dicari nilai dari konstanta (a), koefisien regresi b_1 dan koefisien regresi b_2 dengan perhitungan berikut.

- Koefisien regresi $b_1 = \dfrac{(\Sigma z2^2 \times \Sigma z1y) - (\Sigma z1z2 \times \Sigma z2y)}{(\Sigma z1^2 \times \Sigma z2^2) - (\Sigma z1z2)^2}$

$$= \frac{(32,666 \times 0,1666) - (8 \times -0,3888)}{(2 \times 32,666) - (8)^2}$$

$$= 1,75$$

- Koefisien regresi $b_2 = \dfrac{(\Sigma z1^2 \times \Sigma z2y) - (\Sigma z1z2 \times \Sigma z1y)}{(\Sigma z1^2 \times \Sigma z2^2) - (\Sigma z1z2)^2}$

$$= \frac{(2 \times 0,3888) - (8 \times 0,1666)}{(2 \times 32,666) - (8)^2}$$

$$= -0,4166$$

- Konstanta (a) $= \bar{Y} - (b_1 \times \bar{X}) - (b_2 \times \bar{X}^2)$

$= 1,888 - (1,75 \times 2) - (-0,4166 \times 4,666)$

$= 0,3333$

- Sehingga diperoleh persamaan regresi kuadratik pada kultivar V_2, yaitu: $Y = 0{,}3333 + 1{,}75\ X - 0{,}4166\ X^2$
- Perlakuan terbaik (X opt) = $\frac{-\,b1}{2\ b2} = \frac{-1{,}75}{(2 \times -0.4166)} = 2{,}1$ ml/l
- Hasil tertinggi (Y maks) $= Y_{maks} = a + (b_1 \times X_{opt}) + (b_2 \times X_{opt}^2)$

  $= 0{,}333 + (1{,}75 \times 2.1) + (-0{,}4166 \times 2{,}1^2)$

  $= 2{,}17$
- Koefisien determinasi (R^2) = $\frac{(b1 \times \Sigma z1y)\ +\ (b2 \times \Sigma z2y)}{\Sigma y^2}$

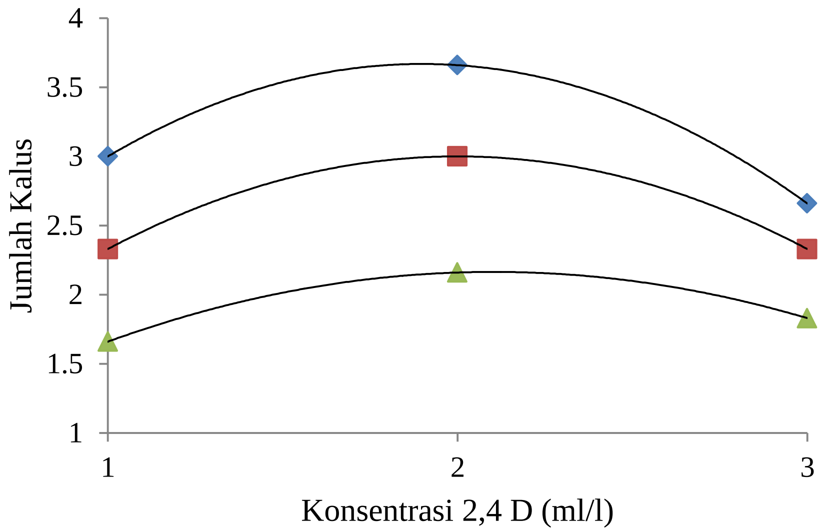
  $= \frac{(1{,}75 \times -0{,}333) + (-0{,}4166 \times -1{,}8888)}{0{,}1296}$

  $= 1{,}000$

Pengaruh konsentrasi 2,4 D terhadap penilaian kalus pada ketiga varietas bersifat kuadratik dengan persamaan regresi masing-masing sebagai berikut:

1. Pisang Cavendish (V_1):
   $Y = 0{,}6666 + 3{,}1666\ X - 0{,}8333\ X^2$, koefisien determinasi (R^2) = 1 (karena jumlah aras perlakuan 3 aras) dan diperoleh konsentrasi optimum sebesar 1,9 mg/l dan penilaian kalus sebesar 3,675.
2. Pisang Ambon (V_2):
   $Y = 0{,}3333 + 2{,}6666\ X - 0{,}3333\ X^2$, koefisien determinasi (R^2) = 1 (karena jumlah aras perlakuan 3 aras) dan diperoleh konsentrasi optimum sebesar 2,0 mg/l dan penilaian kalus sebesar 3,00.
3. Pisang Raja (V_3):
   $Y = 0{,}333 + 1{,}75\ X - 0{,}4166\ X^2$, koefisien determinasi (R^2) = 1 (karena jumlah aras perlakuan 3 aras) dan diperoleh konsentrasi optimum sebesar 2,1 mg/l dan penilaian kalus sebesar 2,170.

Kurva kuadratik pada tiga kultivar dapat dilihat pada Gambar 14.3 berikut.



Gambar 14.3. Pengaruh Konsentrasi 2,4 D terhadap Jumlah Kalus Tiga Kultivar

BAB 15
RANCANGAN ACAK LENGKAP KELOMPOK (RALK) FAKTORIAL

15.1. Model Matematik dan Struktur Data RALK Faktorial

Percobaan faktorial dengan rancangan dasar RALK tidak lain adalah percobaan yang menggunakan RALK sebagai rancangan percobaannya, sedangkan faktor yang dicobakan lebih dari satu faktor. Pembahasan tentang penggunaan RALK untuk percobaan faktor tunggal telah dibahas sebelumnya. Pada prinsipnya sama, hanya dalam pembahasan ini ditujukan untuk percobaan yang menggunakan lebih dari satu faktor yang dikenal sebagai percobaan faktorial. Dalam percobaan faktorial ini berhadapan dengan kombinasi perlakuan yang merupakan kombinasi dari aras-aras faktor yang dicobakan.

Model matematik untuk percobaan faktorial yang terdiri dari dua faktor (faktor A dan B) dengan menggunakan rancangan dasar RALK dengan persamaan:

$$X_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_i + (\alpha\beta)_{ij} + r_k + \in_{ijkl}$$

Keterangan:

X_{ijk} = Data pengamatan pada satuan percobaan ke-k, yang mendapatkan per-lakuan ijk (aras ke-i dari faktor A dan aras ke-j dari faktor B, blok ke-k)

μ = Rata-rata yang sesungguhnya.

α_i = Pengaruh aditif aras ke-i dari faktor A

β_j = Pengaruh aditif aras ke-j dari faktor B

$(\alpha\beta)_{ij}$= Pengaruh interaksi aras ke-i faktor A dan aras ke-j dari faktor B

r_k =Pengaruh aditif dari blok ke-k

$\in_{ijkl}$ = Pengaruh galat dari satuan percobaan ke-l yang memperoleh kombinasi perlakuan ke-ij pada blok ke-k

Asumsi yang mendasar dari model matematik tersebut yaitu galat percobaan harus timbul secara acak, menyebar secara bebas dan normal dengan nilai rerata sama dengan nol dan ragam σ^2, atau dituliskan sebagai $\in_{ijkl} \sim NI(0, \sigma^2)$.

Tabel 15.1. Struktur Data RALK Faktorial

Perlakuan A	Perlakuan B	Blok 1	2	....	k	....	r	Jumlah	Rerata
1	1	X_{111}	X_{112}	....	X_{11k}	....	X_{11r}	$\Sigma X_{11.}$	$\Sigma X_{11.}/r$
	.								
	j	X_{1j1}	X_{1j2}	....	X_{1jk}	....	X_{1jr}	$\Sigma X_{1j.}$	$\Sigma X_{1j.}/r$
	.								
	q	X_{1q1}	X_{1q2}	....	X_{1qk}	....	X_{1qr}	$\Sigma X_{1q.}$	$\Sigma X_{1q.}/r$
2	1	X_{211}	X_{212}	....	X_{21k}	....	X_{21r}	$\Sigma X_{21.}$	$\Sigma X_{21.}/r$
	.								
	j	X_{2j1}	X_{2j2}	....	X_{2jk}	....	X_{2jr}	$\Sigma X_{2j.}$	$\Sigma X_{2j.}/r$
	.								
	q	X_{2q1}	X_{2q2}	....	X_{2qk}	....	X_{2qr}	$\Sigma X_{2q.}$	$\Sigma X_{2q.}/r$
i	1	X_{i11}	X_{i12}	....	X_{i1k}	....	X_{i1r}	$\Sigma X_{i1.}$	$\Sigma X_{i1.}/r$
	.								
	j	X_{ij1}	X_{ij2}	....	X_{ijk}	....	X_{ijr}	$\Sigma X_{ij.}$	$\Sigma X_{ij.}/r$
	.								
	q	X_{iq1}	X_{iq2}	....	X_{iqk}	....	X_{iqr}	$\Sigma X_{iq.}$	$\Sigma X_{iq.}/r$
p	1	X_{p11}	X_{p12}	....	X_{p1k}	....	X_{p1r}	$\Sigma X_{p1.}$	$\Sigma X_{p1.}/r$
	.								
	j	X_{pj1}	X_{pj2}	....	X_{pjk}	....	X_{pjr}	$\Sigma X_{pj.}$	$\Sigma X_{pj.}/r$
	.								
	q	X_{pq1}	X_{pq2}	....	X_{pqk}	....	X_{pqr}	$\Sigma X_{pq.}$	$\Sigma X_{pq.}/r$
Jumlah		$\Sigma X_{..1}$	$\Sigma X_{..2}$	...	$\Sigma X_{..k}$	...	$\Sigma X_{..r}$	$\Sigma X_{...}$	

15.2. Pengacakan pada RALK Faktorial

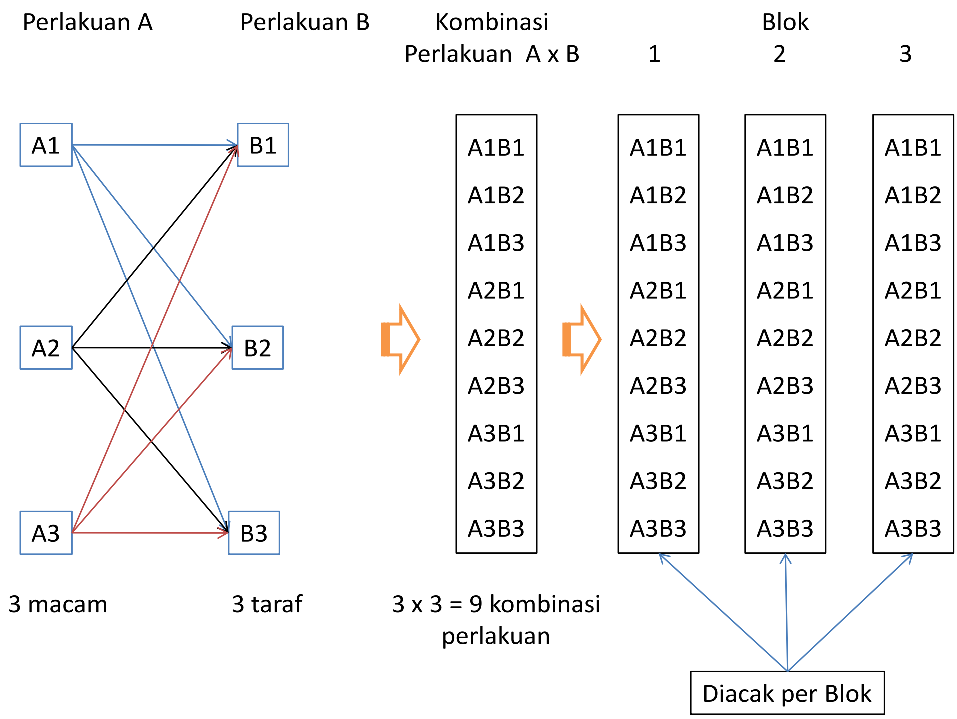
Pengacakan kombinasi perlakuan dilakukan secara acak terhadap seluruh kombinasi perlakuan secara bertahap pada tiap-tiap blok. Pengacakan dilakukan sebanyak jumlah blok yang digunakan. Pengacakan dapat dilakukan secara lotre atau dengan menggunakan tabel acak.

Contoh: Percobaan faktorial dengan perlakuan yang terdiri atas dua faktor yang disusun dalam rancangan acak lengkap kelompok (RALK). Faktor pertama yaitu warna mulsa plastik (simbul A) yang terdiri atas tiga macam, yaitu: A_1 = merah, A_2 = hitam dan A_3 = transparan. Faktor kedua yaitu waktu solarisasi (simbul B) yang terdiri dari tiga taraf, yaitu: B_1 = 10 hari, B_2 = 20 hari dan B_3 = 30 hari.

Sehingga diperoleh 3 x 3 = 9 kombinasi perlakuan dan masing-masing diulang tiga kali (ulangan sebagai blok), maka dibutuhkan 9 x 3 = 27 petak perlakuan.

Persiapan pengacakan perlakuan:

a. Tahap pertama yaitu faktor pertama yang terdiri dari 3 macam : A_1, A_2 dan A_3 dikombinasikan dengan aras-aras faktor kedua, yaitu: B_1, B_2 dan B_3 sehingga dihasilkan 9 kombinasi perlakuan (Gambar 15.1)
b. Tahap kedua, dari 9 kombinasi perlakuan tersebut masing-masing dibuat 3 kali ulangan (blok) sehingga diperoleh 27 petak perlakuan dalam 3 blok (Gambar 5)
c. Berikut Gambar 5: perlakuan, hasil kombinasi perlakuan dengan tiga blok.



Gambar 15.1. Perlakuan, Kombinasi Perlakuan dan Blok

Pengacakan perlakuan dalam rancangan acak lengkap kelompok (RALK)

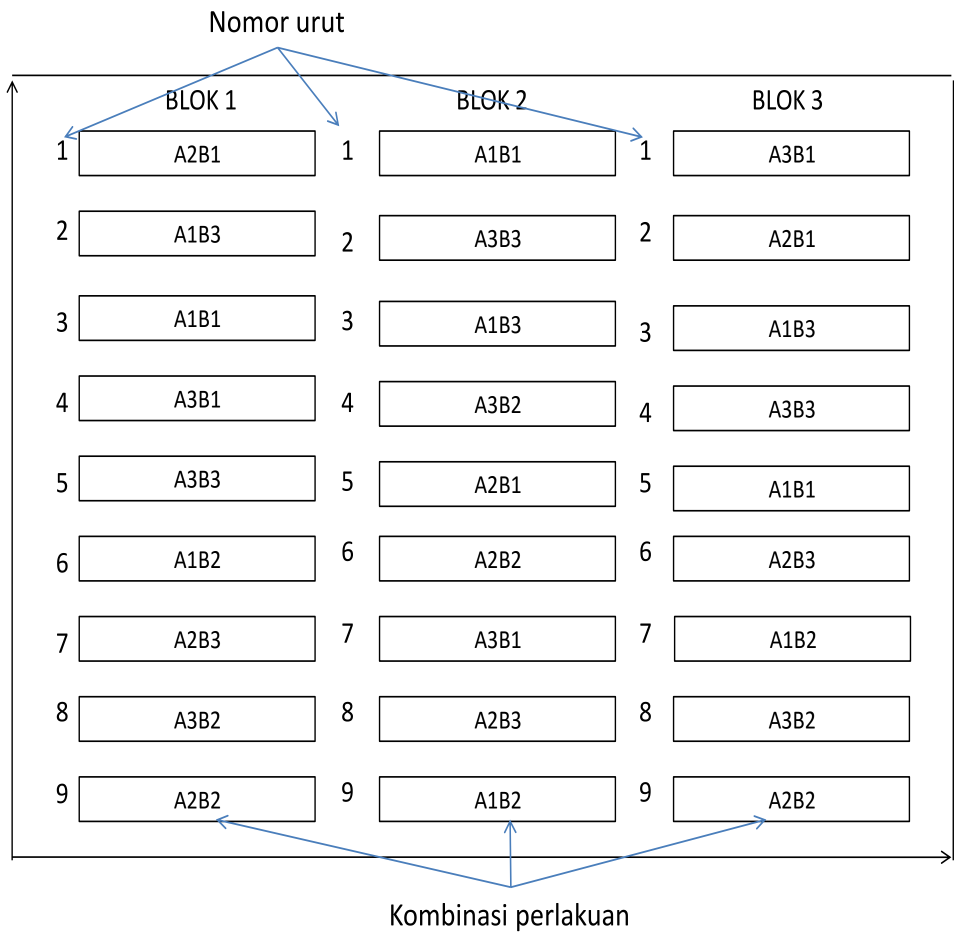
a. Karena ada 9 petak perlakuan per blok, maka disediakan 9 kertas (ukuran 2 x 3 cm) yang akan diberi tulisan kombinasi perlakuan. 9 kertas tersebut masing-masing diberi tulisan: A_1B_1, A_1B_2, A_1B_3, A_2B_1, A_2B_2, A_2B_3, A_3B_1, A_3B_1 dan A_3B_3.
b. Gambar tata letak perlakuan untuk RALK sudah dipersiapkan lebih dahulu dengan sejumlah 9 petak perlakuan per blok dan masing-

masing blok sudah diberi nomor urut dari 1-9. Pemberian nomor urut dari atas ke bawah (Gambar 15.2).

c. Setelah semua kertas diberi tulisan, selanjutnya dilinting satu per satu dan dimasukkan dalam kotak. Pengacakan dilakukan pada masing-masing blok. Kotak dikopyok dan dilakukan pengambilan 1 kertas lintingan. Setiap kertas lintingan yang sudah terambil tidak boleh dimasukan atau dikembalikan ke kotak.
d. Tahapan pengacakan pada blok 1 sebagai berikut:
   1) Pengambilan kertas lintingan yang ke-1 ternyata A_2B_1 yang akan menempati petak nomor 1.
   2) Kotak dikopyok lagi dan dilakukan pengambilan kertas lintingan yang ke-2, terambil A_1B_3 yang akan menempati petak nomor 2.
   3) Kotak dikopyok lagi dan dilakukan pengambilan kertas lintingan yang ke-3, terambil A_1B_1 yang akan menempati petak nomor 3. Dan dilakukan terus-menerus hingga sisa 1 kertas lintingan terakhir.
   4) Pengambilan kertas lintingan yang ke-9 (kertas lintingan terakhir) ternyata A_2B_2 yang akan menempati petak nomor 9. Dan pekerjaan pengacakan sudah selesai.
e. Tahapan pengacakan pada blok 2 dan 3 dilakukan dengan cara yang sama seperti pada blok 1.

Setelah dilakukan pada tiga blok, maka didapatkan tata letak perlakuan hasil pengacakan dalam RALK seperti pada Gambar 15.2 berikut.

Keterangan Gambar 15.2:
- Blok terdiri dari blok 1, 2 dan 3
- 1 – 9 adalah nomor urut petak perlakuan untuk menempatkan hasil dari pengacakan perlakuan pada masing-masing blok
  A_2B_1 adalah perlakuan mulsa plastik perak hitam (A_2) dan solarisasi selama 10 hari (B_3)



Gambar 15.2. Tata Letak Perlakuan dalam RALK

15.3. Analisis Ragam dalam RALK Faktorial

Jika penelitian menggunakan RALK, maka sumber keragaman data (yang menyebabkan keragaman data pengamatan) yaitu: blok, perlakuan dan *error*. Sumber ragam pada perlakuan sendiri disebabkan: keragaman karena pengaruh faktor pertama (A), faktor kedua (B) dan interaksi antar kedua faktor (A x B).

Perbedaan analisis ragam RAL dan RALK yaitu adanya blok pada RALK sebagai sumber ragam, sedangkan pada RAL tidak ada blok karena menggunakan kondisi percobaan yang serba homogen.

Tabel 15.2. Analisis Ragam RALK Faktorial

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F.Hitung	F.Tabel 5%
Blok	k-1	JKB	KTB	F hit. B	Fα% (DBB; DBG)
Perlakuan	AB-1	JKP	KTP	F hit. P	Fα% (DBP; DBG)
A	A-1	JKA	KTA	F hit. A	Fα% (DBA; DBG)
B	B-1	JKB	KTB	F hit. B	Fα% (DBB; DBG)
A x B	(A-1)(B-1)	JKAxB	KTAxB	F hit.AxB	Fα% (DBAB; DBG)
Galat	(AB-1)(k-1)	JKG	KTG		
Jumlah	kAB-1	JKt			

Keterangan:

Jika F hitung blok > F Tabel 5% blok, menunjukkan ada perbedaan pengaruh penggunaan blok yang berarti penggunaan RALK efektif (tepat). Tetapi jika F hitung < F Tabel 5% blok menunjukkan penggunaan RALK tidak efektif yang berarti antar blok seragam, maka lebih baik menggunakan RAL.

Jika F hitung perlakuan > F Tabel 5% perlakuan menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter yang diamati. Jika perlakuan berpengaruh nyata minimal salah satu faktor A, B atau interaksi A x B berpengaruh nyata. Jika F hitung perlakuan < F Tabel 5% perlakuan, maka perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap parameter yang diamati. Kadang sering terjadi perlakuan tidak berpengaruh nyata, namun salah satu faktor A, B maupun interaksi A x B berpengaruh nyata. Jika hal tersebut terjadi, maka diabaikan saja (tetap dinggap tidak berpengaruh nyata).

Prosedur analisis ragam untuk percobaan faktorial yang terdiri dari dua faktor dengan menggunakan rancangan dasar RALK, dapat dilihat pada teladan berikut:

15.4. Teladan: RALK Faktorial 3 x 3, Tidak Terjadi Interaksi Antar Faktor

Penelitian berjudul "Pengaruh Dosis Pupuk K dan P terhadap Pertumbuhan Tanaman Jahe". Penelitian ini dilaksanakan di lapangan dengan menggunakan percobaan faktorial yang disusun dalam rancangan acak lengkap kelompok (RALK) yang terdiri dari dua faktor.

Faktor pertama yaitu dosis pupuk K dengan simbul (K) terdiri dari 3 aras yaitu: K_1 = 1, K_2 = 2 dan K_3 = 3 g/tanaman. Faktor kedua yaitu dosis pupuk P dengan simbul (P) yang terdiri dari 3 aras yaitu: P_1 = 1, P_2 = 2 dan P_3 = 3 g/tanaman.

Sehingga diperoleh 3 x 3 = 9 perlakuan. Masing-masing perlakuan diulang tiga kali (ulangan sebagai blok dengan simbul B), maka diperlukan 3 x 3 x 3 = 27 petak atau plot. Masing-masing petak terdiri dari 3 sampel tanaman, sehingga keseluruhan dibutuhkan tanaman sebanyak 3 x 3 x 3 x 3 = 81 tanaman.

Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan dan dengan parameter jumlah anakan jahe. Percobaan dibutuhkan sejumlah 27 petak perlakuan dengan pengacakan yang dilakukan pada masing-masing blok. Hasil pengacakan percobaan di lapangan seperti pada Gambar 15.3.

Data hasil pengamatan terhadap parameter jumlah anakan jahe umur 2 bulan di lapangan dengan rancangan percobaan RALK disusun kembali sehingga didapatkan data seperti pada Tabel 15.3 berikut.

TATA LETAK PERCOBAAN RALK FAKTORIAL 3 x 3

	BLOK 1		BLOK 2		BLOK 3
1	K2P1 = 7	1	K1P1 = 3	1	K3P1 = 4
2	K1P3 = 6	2	K3P3 = 6	2	K2P1 = 7
3	K1P1 = 4	3	K1P3 = 5	3	K1P3 = 7
4	K3P1 = 3	4	K3P2 = 5	4	K3P3 = 7
5	K3P3 = 5	5	K2P1 = 7	5	K1P1 = 5
6	K1P2 = 5	6	K2P2 = 8	6	K2P3 = 10
7	K2P3 = 8	7	K3P1 = 4	7	K1P2 = 6
8	K3P2 = 4	8	K2P3 = 10	8	K3P2 = 6
9	K2P2 = 7	9	K1P2 = 4	9	K2P2 = 8

Gambar 15.3. Data Pengamatan di Lapangan Sesuai Tata Letak

Tahap 1 : Penyusunan kembali data dari lapangan

Tabel 15.3. Rerata Jumlah Anakan Jahe

Perlakuan	Blok			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
K_1P_1	4	3	5	12	4
K_1P_2	5	4	6	15	5
K_1P_3	6	5	7	18	6
K_2P_1	7	7	7	21	7
K_2P_2	7	8	8	23	7,66
K_2P_3	8	10	10	28	9,33
K_3P_1	3	4	4	11	3,66
K_3P_2	4	5	6	15	5
K_3P_3	5	6	7	18	6
Jumlah	49	52	60	GT = 161	GM = 5,96

Keterangan:

GT = *Grand total* = Jumlah seluruh data

GM = *Grand mean* = Rerata dari seluruh data atau rerata umum

Berdasarkan Tabel 15.3, maka dapat dilakukan perhitungan secara bertahap dengan langkah-langkah sebagai berikut.

Tahap 2 : Perhitungan faktor koreksi (FK) dan jumlah kuadrat (JK)

1. Faktor koreksi (FK) $= \frac{(\mathrm{GT})^2}{(\mathrm{K \times P \times k})}$

$$= \frac{161{,}0^2}{(3 \times 3 \times 3)}$$

$$= 960{,}037$$

2. JK total (JKt) $= \sum\sum X_{ijk}^2$ - FK

$= (4^2 + ...+ 7^2)$ - FK

= 1053 - 960,037

= 92,9629

3. JK perlakuan (JKP) $= \dfrac{\sum X_{ij.}^2}{k}$ - FK

$= \dfrac{(12^2 + ...+ 18^2)}{3}$ - 960,037

= 78,962

4. JK blok (JKB) $= \dfrac{\sum X_{..k}^2}{K \times P}$ - FK

$= \dfrac{(49^2 + ...+ 60^2)}{3 \times 3}$ - 960,037

= 7,185

Tabel 15.4. Penolong (K x P)

Dosis Pupuk K (g/tan.)	Dosis Pupuk P (g/tan.)			Jumlah	Rerata
	P_1	P_2	P_3		
K_1	12	21	11	44	4,88
K_2	15	23	15	53	5,88
K_3	18	28	18	64	7,11
Jumlah	45	72	44	161	
Rerata	5,00	8,00	4,88		

5. JK dosis pupuk K (JKK) $= \dfrac{\sum Xi..^2}{P \times k}$ - FK

$$= \frac{(44^2 + ...+ 64^2)}{3 \text{ x } 3} - 960{,}037$$

$= 2{,}222$

Tabel 15.5. Orthogonal Polinomial untuk Interval Perlakuan Sama pada Perlakuan Dosis Pupuk K

Trend Regresi	Dosis Pupuk K (g/tan.)			Deviasi (X^2)
	K_1	K_2	K_3	
Linier (L)	-1	0	1	2
Kuadratik (Q)	1	-2	1	6
Jumlah	44	53	64	

Dari Tabel 15.5 di atas dapat dihitung jumlah kuadrat regresi (JKR), sebagai berikut:

6. JK regresi (JKR) perlakuan K

a. JKR linier (JKR L) $= \frac{\sum (-1 \text{ x } \Sigma K1)+\cdots+(1 \text{ x } \Sigma K3)^2}{\text{k x P x } X^2\text{Linier}}$

$$= \frac{\{(-1 \text{ x } 44) +...+ (1 \text{ x } 64)\}^2}{3 \text{ x } 3 \text{ x } 2}$$

$= 2{,}222$

b. JKR kuadratik (JKR Q) $= \frac{\sum (1 \text{ x } \Sigma K1)+ ...+ (1 \text{ x } \Sigma K3)^2}{\text{k x P x } X^2\text{Kuadratik}}$

$$= \frac{\{(1 \text{ x } 44) +...+ (1 \text{ x } 64)\}^2}{3 \text{ x } 3 \text{ x } 6}$$

$= 0{,}074$

7. JK dosis pupuk P (JKP) $= \dfrac{\sum X_{.j.}^2}{k \times K}$ - FK

$= \dfrac{(45^2 + ... + 44^2)}{3 \times 3}$ - 960,037

= 56,018

Tabel 15.6. Orthogonal Polinomial untuk Interval Perlakuan Sama pada Perlakuan Dosis Pupuk P

Trend Regresi	Dosis pupuk P (g/tan.)			Deviasi (x^2)
	P_1	P_2	P_3	
Linier	-1	0	1	2
Kuadratik	1	-2	1	6
Jumlah	45	72	44	

Dari Tabel 15.6 di atas dapat dihitung jumlah kuadrat regresi (JKR), sebagai berikut:

8. JK regresi (JKR) perlakuan P:

   a. JKR linier (JKR L) $= \dfrac{\sum (-1 \times \Sigma P1) + \cdots + (1 \times \Sigma P3)^2}{k \times P \times X^2 Linier}$

   $= \dfrac{\{(-1 \times 45) + ... + (1 \times 44)\}^2}{3 \times 3 \times 2}$

   = 0,0555

   b. JKR kuadratik (JKR Q) $= \dfrac{\sum (1 \times \Sigma P1) + ... + (1 \times \Sigma P3)^2}{k \times P \times X^2 Kuadratik}$

   $= \dfrac{\{(1 \times 45) + ... + (1 \times 44)\}^2}{3 \times 3 \times 6}$

   = 6,0185

9. JK interaksi K x P (JK KxP) = JKT - JKK - JKP
= 78,9629 – 22,2962 – 56,0740
= 0,5925

10. JK galat (JKG) = JKt - JKT – JKB
= 92,9629 - 78,9629 – 7,1851
= 6,8148

Tahap 3 : Perhitungan derajad bebas (DB)

1. DB total (DBt) = (K x P x B) - 1 = (3 x 3 x 3) - 1 = 26
2. DB blok (DBk) = (k - 1) = 3 - 1 = 2
3. DB perlakuan (DBT) = (K x P) - 1 = (3 x 3) - 1 = 8
4. DB dosis pupuk K (DBK) = K - 1 = 3 - 1 = 2
5. DB regresi (DBR) = 1 (terdefinisi)
6. DB dosis pupuk P (DBP) = P - 1 = 3 - 1 = 2
7. DB interaksi KxP (DB KxP)= (K - 1)(P -1) = (3 - 1)(3 - 1) = 4
8. DB galat (DBG) = DBt - DBT - DBB = 26 - 8 - 2 = 16

Tahap 4 : Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT blok (KTk) = $\frac{\text{JKB}}{\text{DBB}} = \frac{7{,}1851}{2}$ = 3,5925

2. KT perlakuan (KTT) = $\frac{\text{JKT}}{\text{DBT}}$ = $\frac{78,9629}{8}$ = 9,8703

3. KT dosis pupuk K (KTK) = $\frac{\text{JKK}}{\text{DBK}}$ = $\frac{22,2962}{2}$ = 11,1481

4. KT regresi (KTR) untuk dosis pupuk K

   a. KTR Linier (KTRL) = $\frac{\text{JKR Linier}}{\text{DBR}}$ = $\frac{22,222}{1}$ = 22,2222

   b. KTR kuadratik (KTR Q) = $\frac{\text{JKR kuadratik}}{\text{DBR}}$ = $\frac{0,0740}{1}$ = 0,0740

5. KT dosis pupuk P (KTP) = $\frac{\text{JKP}}{\text{DBP}}$ = $\frac{56,0740}{2}$ = 28,0370

6. KT regresi (KTR) untuk dosis pupuk P:

   a. KTR Linier (KTRL) = $\frac{\text{JKR Linier}}{\text{DBR}}$ = $\frac{0,0555}{1}$ = 0,0555

   b. KTR kuadratik (KTR Q) = $\frac{\text{JKR kuadratik}}{\text{DBR}}$ = $\frac{56,0185}{1}$ = 56,0185

7. KT interaksi KxP (KT KxP) = $\frac{\text{JK KxP}}{\text{DB KxP}}$ = $\frac{0,5925}{4}$ = 0,1481

8. KT galat (KTG) = $\frac{\text{JKG}}{\text{DBG}}$ = $\frac{8,8148}{16}$ = 0,4259

Tahap 5 : Perhitungan F hitung

1. F hitung blok = $\frac{\text{KTB}}{\text{KTG}}$ = $\frac{3{,}5925}{0{,}4259}$ = 8,4340

2. F hitung perlakuan = $\frac{\text{KTT}}{\text{KTG}}$ = $\frac{9{,}8703}{0{,}4259}$ = 23,1730

3. F hitung dosis pupuk K = $\frac{\text{KTK}}{\text{KTG}}$ = $\frac{11{,}1481}{0{,}4259}$ = 26,1730

4. F hitung regresi untuk dosis pupuk K

   a. Linier = $\frac{\text{KTR L}}{\text{KTG}}$ = $\frac{22{,}2222}{0{,}4259}$ = 52,1739

   b. Kuadratik = $\frac{\text{KTR Q}}{\text{KTG}}$ = $\frac{0{,}0740}{0{,}4259}$ = 0,1739

5. F hitung dosis pupuk P = $\frac{\text{KTP}}{\text{KTG}}$ = $\frac{28{,}0370}{0{,}4259}$ = 65,8260

6. F hitung regresi untuk dosis pupuk P

   a. Linier = $\frac{\text{KTR L}}{\text{KTG}}$ = $\frac{0{,}0555}{0{,}4259}$ = 0,1304

   b. Kuadratik = $\frac{\text{KTR Q}}{\text{KTG}}$ = $\frac{56{,}0185}{0{,}4259}$ = 131,5210

7. F hitung interaksi K x P = $\frac{\text{KT KxP}}{\text{KTG}}$ = $\frac{0{,}1481}{0{,}4259}$ = 0,3470

Tahap 6 : Penyusunan dari perhitungan ke tabel analisis ragam

Tabel 15.7. Analisis Ragam RAKL Faktorial

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F. Hitung		F. Tabel 5%
Blok	2	7,1851	3,5925	8,434	*	2,63
Perlakuan	8	78,9629	9,8703	23,173	*	2,59
K	2	22,2962	11,1481	26,173	*	3,63
Linier	1	22,2222	22,2222	52,173	*	4,49
Kuadratik	1	0,0740	0,0740	0,173	ns	4,49
P	2	56,0741	28,0370	65,826	*	3,63
Linier	1	0,0555	0,0555	0,130	ns	4,49
Kuadratik	1	56,0185	56,0185	131,521	*	4,49
K x P	4	0,5925	0,1481	0,347	ns	3,01
Galat	16	6,8148	0,4259			
Jumlah	26	92,9629				

Keterangan: ns = Tidak berpengaruh nyata, * = Berpengaruh nyata

Berdasarkan Tabel 15.7 dapat disimpulkan bahwa:

- Jika F hitung blok (8,434) > F Tabel 5% blok (2,63) artinya ada pengaruh nyata dari blok terhadap jumlah anakan jahe dengan ditandai * yang berarti penggunaan RALK efektif.
- F hitung perlakuan (23,173) > F tabel 5% perlakuan (2,59), berarti perlakuan berpengaruh nyata terhadap jumalah anakan jahe dengan ditandai *.
- Perlakuan dosis pupuk K (K) berpengaruh nyata terhadap jumlah anakan jahe karena F hitung (26,173) > F Tabel 5% (3,63) dan regresi bersifat linier karena F hitung linier (52,173) > F Tabel 5% (4,49) dan F hitung kuadratik tidak nyata.

- Perlakuan dosis pupuk P (P) berpengaruh nyata karena F hitung (65,286) > F Tabel 5% (4,49). Interaksi antar perlakuan dosis pupuk K dan P tidak nyata, karena F hitung interaksi K x P (0,374) < F Tabel 5% interaksi K x P (3,01).
- Pengaruh dosis pupuk K terhadap jumlah anakan jahe bersifat linier karena F hitung regresi linier (52,173) > F Tabel 5% regresi linier (4,49), sedangkan dosis pupuk P bersifat kuadratik karena F hitung regresi kuadratik (131,521) > F Tabel 5% regresi kuadratik (4,49).

Koefisien keragaman (KK) atau *coeficient variation* (CV):

$$(\mathrm{KK}) = \frac{\sqrt{\mathrm{KTG}}}{\dot{\mathrm{X}}} \times 100\% = \frac{\sqrt{0{,}4259}}{5{,}9629} \times 100\% = 10{,}94\%$$

Pada penelitian ini terjadi keragaman yang disebabkan oleh faktor lain yang tidak bisa dikendalikan oleh peneliti sebesar 10,94%

Tahap 7 : Uji Jarak Berganda Duncan pada jenjang nyata 5%

Perlakuan dosis pupuk K

1. Rerata Perlakuan dosis pupuk K, yaitu:
   $K_1 = 4{,}88$ $K_2 = 5{,}88$ $K_3 = 7{,}11$

2. Standard Deviasi Perlakuan K (Sx K)

$$\mathrm{Sx\ K} = \sqrt{\frac{\mathrm{KTG}}{\mathrm{B \times P}}} = \sqrt{\frac{0{,}4259}{3 \times 3}} = 0{,}2175$$

3. R (r - p; DBG; α%) = (2 - 3 ; 16 ; 5%)

r =	2	3	
Rp =	3,00	3,15	
			x 0,2175
4. SSD =	0,652	0,685	

Tabel 15.8. UJBD pada α = 5%

SSD = Rp x Sx	0,685	0,652		
Rerata Perlakuan	K_1 = 4,88	K_2 = 5,88	K_3 = 7,11	
K_1 = 7,11	2,22	1,22	0	Baris 1
K_2 = 5,88	1,00	0	a	Baris 2
K_3 = 4,88	0	b		Baris 3
	c			

Baris 1. K_3 dibandingkan dengan perlakuan K_2 dan K_1. Garis datar di bawah 0 pada perlakuan K_3 tidak dapat dihubungkan dengan angka 1,22 di bawah perlakuan K_2 karena angka 1,22 > 0,652 (SSD pada K_2), apalagi dengan K_1. Angka 1,22 diperoleh dari selisih K_3 (7,11) dan K_2 (5,88) dan angka 2,22 diperoleh selisih antara K_3 (7,11) dengan K_1 (4,88). Penulisan huruf abjad a hanya di bawah perlakuan K_3 karena sudah berbeda dengan perlakuan K_2 dan K_1.

Baris 2. K_2 dibandingkan dengan perlakuan K_1. Garis datar di bawah angka 0 tidak boleh dihubungkan dengan angka 1,00 karena angka 1,00 > 0,685 (SSD pada K_1). Angka 1,00 diperoleh dari selisih antara K_2 (5,88) dan K_1 (4,88). Penulisan huruf b karena sudah ganti baris (setelah huruf a).

Baris 3. Di bawah angka 0 pada perlakuan K_1 langsung diberi garis bawah dan dibawah angka 0 langsung diberi notasi c karena sudah ganti baris dan tidak diwakili satu garis pada baris 2.

Perlakuan dosis pupuk P:

1. Rerata Perlakuan dosis pupuk P, yaitu:

   P_1 = 5,00 P_2 = 8,00 P_3 = 4,88

2. *Standard error* perlakuan P (Sx P)

$$\text{Sx P} = \sqrt{\frac{\text{KTG}}{\text{B x K}}} = \sqrt{\frac{0{,}4259}{3 \text{ x } 3}} = 0{,}2175$$

3. R (r - p; DBG; α%) = (2 - 3 ; 16 ; 5%)

   r = 2 3

   Rp = 3,00 3,15

   ―――――――――― x 0,2175

4. SSD = 0,652 0,685

Tabel 15.9. UJBD pada α = 5%

SSD = Rp x Sx	0,685	0,652		
Rerata Perlakuan	P_3 = 4,88	P_1 = 5,00	P_2 = 8,00	
P_2 = 4,88	3,12	3,00	0	Baris 1
P_1 = 5,00	0,12	0	P	Baris 2
P_3 = 8,00	0	q		Baris 3
	Q			

Baris 1. P_2 dibandingkan dengan perlakuan P_1 dan P_3. Garis datar di bawah 0 pada perlakuan P_2 tidak boleh dihubungkan dengan angka 3,00 di bawah perlakuan P_1 karena angka 3,00 > 0,652 (SSD pada P_1), apalagi dengan P_3. Angka 3,00 diperoleh dari selisih P_2 (8,00) dan $P1_2$ (5,00) dan angka 3,12 diperoleh selisih antara P_2 (8,00) dengan P_3 (4,88). Penulisan huruf abjad p hanya di bawah perlakuan P_2 saja karena sudah berbeda dengan perlakuan yang lain dengan perlakuan P_1 maupun P_3.

Baris 2. P_1 dibandingkan dengan perlakuan P_3. Garis datar di bawah angka 0 boleh dihubungkan dengan angka 0,12 karena angka 0,12 < 0,685 (SSD pada P_3). Angka 0,12 diperoleh dari selisih antara P_3 (4,88) dengan P_1 (5,00). Penulisan huruf q karena sudah ganti baris (setelah huruf p). Huruf q dapat dituliskan di bawah P_1 dan P_3.

Baris 3. Di bawah angka 0 pada perlakuan K_1 langsung diberi garis bawah dan dibawah angka 0 langsung diberi notasi q karena diwakili oleh garis datar di atasnya.

Hasil sidik ragam (Tabel 15.7) menunjukan bahwa tidak terjadi interaksi nyata antara perlakuan dosis pupuk K dan pupuk P terhadap jumlah anakan jahe. Perlakuan dosis pupuk K berpengaruh terhadap jumlah anakan jahe, demikian juga perlakuan dosis pupuk P. Rerata jumlah anakan jahe dapat dilihat pada Tabel 15.10 berikut.

Tabel 15.10. Pengaruh Dosis Pupuk K dan P terhadap Jumlah Anakan Jahe

Dosis pupuk K (g/tanaman)	Dosis Pupuk P (g/tanaman)			Rerata	
	1	2	3		
1	4,00	7,00	3,66	4,88	a
3	5,00	7,66	5,00	5,88	b
5	6,00	9,33	6,00	7,11	c
Rerata	5,00	8,00	4,88	(-)	
	q	p	q		

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf sama baik pada kolom maupun baris menunjukkan tidak ada beda nyata antar perlakuan berdasarkan uji jarak berganda Duncan (UJBD) pada jenjang nyata 5%. Tanda (-) : Tidak terjadi interaksi nyata

Berdasarkan Tabel 15.10 tersebut di atas menunjukkan bahwa antar perlakuan dosis pupuk K berbeda nyata, dimana dosis 3 g/tanaman menghasilkan jumlah anakan tertinggi dan menurun pada dosis 2 dan terendah dosis 1 g/tanaman. Sedangkan untuk perlakuan dosis pupuk P menunjukkan bahwa dosis 2 g/tanaman menghasilkan jumlah anakan tertinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan yang lain. Antara perlakuan dosis 1 dan 3 g/tanaman tidak berbeda nyata.

Berdasarkan analisis ragam, pengaruh dosis pupuk K terhadap jumlah anakan jahe bersifat linier dengan persamaan umum: $Y = a + b_1 X$.

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai a dan b_1 dan koefisien determinasi linier (r^2) sebagai berikut.

Diketahui: Perlakuan K_i dianggap sebagai X_i yaitu: $X_1 = 1$, $X_2 = 3$, dan $X_3 = 5$ g/tanaman. Rerata perlakuan $\dot{X}_{.j}$ dianggap sebagai Y_i yaitu: $Y_1 = 4{,}888$; $Y_2 = 5{,}888$; dan $Y_3 = 7{,}111$. Perhitungan analisis regresi linier dengan langkah-langkah berikut.

Tabel 15.11. Persamaan Regresi Linier untuk Perlakuan Dosis Pupuk K

Dosis Pupuk K Xi	Rerata Hasil Yi	Xi^2	XiYi	Yi^2
1	4,888	1	4,888	23,901
3	5,888	9	17,666	34,679
5	7,111	25	35,555	50,567
ΣX	ΣY	$ΣX^2$	ΣXY	$ΣY^2$
9	17,888	35	58,111	109,148

- Koefisien regresi (b) $= \dfrac{(n \times \Sigma XY) - (\Sigma X \times \Sigma Y)}{(n \times \Sigma X^2) - (\Sigma X)^2}$

$$= \frac{(3 \times 58{,}111) - (9 \times 17{,}888)}{(3 \times 35) - (9)^2}$$

$$= 0{,}555$$

- Konstanta/intercep (a) $= \dfrac{Y}{n} - \dfrac{b \times \Sigma X}{n}$

$$= \frac{17{,}888}{3} - \frac{0{,}5555 \times 9}{3}$$

$$= 4{,}296$$

- Jadi diperoleh persamaan: $Y = 4{,}296 + 0{,}555\ X$

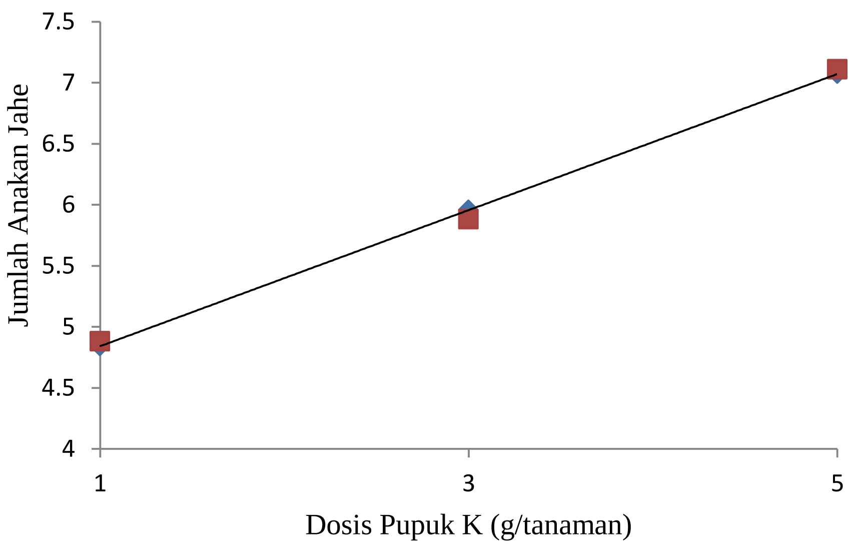
➢ Koefisien determinasi linier (r^2):

$$= \frac{b \times (\Sigma XY - (\Sigma X \times \Sigma Y / n))}{\Sigma Y^2 - ((\Sigma Y)^2 / n)}$$

$$= \frac{0{,}555 \times (58{,}111 - (9 \times 17{,}888 / 3))}{109{,}148 - ((17{,}888)^2 / 3)}$$

$$= 0{,}99$$

Pengaruh dosis pupuk K terhadap jumlah anakan jahe bersifat linier, dengan persamaan regresi Y = 4,296 + 0,555 X, koefisien determinasi linier (r^2) = 0,99 dapat dilihat pada Gambar 15.4.



Gambar 15.4. Pengaruh Dosis Pupuk K (g/tanaman) terhadap Jumlah Anakan Jahe

Diketahui: Perlakuan dosis pupuk P_i dianggap sebagai X_i yaitu: X_1 = 1, X_2 = 2, dan X_3 = 3 g/tanaman. Rerata perlakuan $\dot{X}_{.j}$ dianggap sebagai Y_i yaitu: Y_1 = 5,000 ; Y_2 = 8,000 ; dan Y_3 = 4,888. Selanjutnya dilakukan analisis regresi kuadratik dengan langkah berikut.

Tabel 15.12. Persamaan Regresi Kuadratik untuk Perlakuan Dosis Pupuk P

Rerata Hasil Yi	y	Dosis Pupuk P Xi	z1	X^2	z2	z1y	z2y	z1z2
5,000	-0,962	1	-1	1	-3,666	0,962	3,531	3,666
8,000	2,037	2	0	2	-0,666	0,000	-1,358	0,000
4,888	-1,074	3	1	9	4,333	-1,074	4,654	4,333
$\bar{Y}$	Σy^2	$\ddot{X}$	$\Sigma z1^2$	$\ddot{X}^2$	$\Sigma z1^2$	$\Sigma z1y$	$\Sigma z2y$	$\Sigma z1z2$
5,962	0,2962	2	2	4,666	32,666	-0,111	-0,444	8,000

- Koefisien regresi b_1 = $\dfrac{(\Sigma z2^2 \text{ x } \Sigma z1y) - (\Sigma z1z2 \text{ x } \Sigma z2y)}{(\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2^2) - (\Sigma z1z2)^2}$

$$= \frac{(2 \text{ x } -0{,}111) - (8 \text{ x } -2{,}481)}{(2 \text{ x } 32{,}666) - (8)^2}$$

= 12,1666

- Koefisien regresi b_2 = $\dfrac{(\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2y) - (\Sigma z1z2 \text{ x } \Sigma z1y)}{(\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2^2) - (\Sigma z1z2)^2}$

$$= \frac{(2 \text{ x } -2{,}481) - (8 \text{ x } -0{,}111)}{(2 \text{ x } 32{,}666) - (8)^2}$$

= -3,0555

- Konstanta (a) $= \bar{Y} - (b_1 \times \bar{X}) - (b_2 \times \bar{X^2})$
  $= 5{,}962 - (12{,}1666 \times 2) - (-3{,}0555 \times 4{,}666)$
  $= -4{,}111$

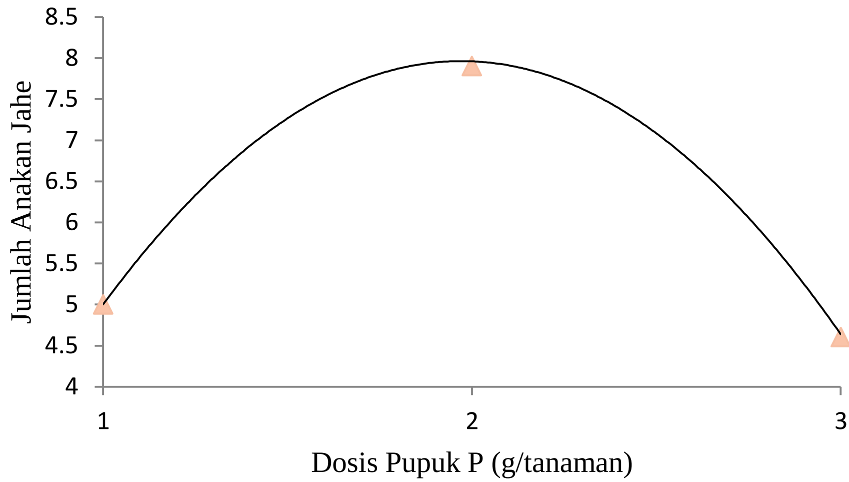
- Sehingga diperoleh persamaan regresi berikut.
  $$Y = -4{,}111 + 12{,}1666\ X - 3{,}0555\ X^2$$

- Perlakuan terbaik (X opt) $= \dfrac{-\,b1}{2\ b2} = \dfrac{-12{,}1666}{2 \times -3{,}0555} = 1{,}99$ g/tan.

- Hasil tertinggi (Y maks) $= Y_{maks} = a + (b_1 \times X_{opt}) + (b_2 \times X_{opt}^2)$
  $= -4{,}111 + (12{,}166 \times 1{,}99) + (-3{,}0555 \times 1{,}99^2)$
  $= 8{,}000$

- Koefisien determinasi (R^2) $= \dfrac{(b1 \times \Sigma z1y) + (b2 \times \Sigma z2y)}{\Sigma y^2}$
  $= \dfrac{(12{,}166 \times -0{,}111) + (-3{,}0555 \times -2{,}481)}{6{,}2304}$
  $= 1{,}00$

Pengaruh perlakuan dosis pupuk P bersifat kuadratik dengan persamaan $Y = -4{,}111 + 12{,}1666\ X - 3{,}0555\ X^2$, koefisien determinasi kuadratik (R^2) = 1 (karena aras perlakuan = 3), dan dari persamaan tersebut diperoleh perlakuan optimum sebesar 1,99 g/tanaman dan diperoleh hasil maksimum sebesar 8 anakan tanaman. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 15.5.



Gambar 15.5. Pengaruh Dosis Pupuk P (g/tanaman) terhadap Jumlah Anakan Jahe

BAB 16

KONTRAS ORTHOGONAL DALAM RAL FAKTORIAL

16.1. Model Matematik dan Struktur Data RAL + Kontrol Terpisah

Tabel 16.1. Struktur Data RAL + Kontrol Terpisah

Kontrol	Ulangan						Jumlah	Rerata
	1	2	....	k	....	r		
1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1k}	...	X_{1r}	$\Sigma X_{1.}$	$\Sigma X_{1.}/r$
:			:		:		:	:
n	X_{n1}	X_{n2}	...	X_{nk}	...	X_{nr}	$\Sigma X_{n.}$	$\Sigma X_{n.}/r$
Jumlah							$\Sigma X_{..}$	
Perlakuan A B								
1 1	X_{111}	X_{112}	....	X_{11k}	....	X_{11r}	$\Sigma X_{11.}$	$\Sigma X_{11.}/r$
:			:		:		:	:
j	X_{1j1}	X_{1j2}	....	X_{1jk}	....	X_{1jr}	$\Sigma X_{1j.}$	$\Sigma X_{1j.}/r$
:			:		:		:	:
q	X_{1q1}	X_{1q2}	....	X_{1qk}	....	X_{1qr}	$\Sigma X_{1q.}$	$\Sigma X_{1q.}/r$
i 1	X_{i11}	X_{i12}	....	X_{i1k}	....	X_{i1r}	$\Sigma X_{i1.}$	$\Sigma X_{i1.}/r$
:			:		:		:	:
j	X_{ij1}	X_{ij2}	....	X_{ijk}	....	X_{ijr}	$\Sigma X_{ij.}$	$\Sigma X_{ij.}/r$
:			:		:		:	:
q	X_{iq1}	X_{iq2}	....	X_{iqk}	....	X_{iqr}	$\Sigma X_{iq.}$	$\Sigma X_{iq.}/r$
p 1	X_{p11}	X_{p12}	....	X_{p1k}	....	X_{p1r}	$\Sigma X_{p1.}$	$\Sigma X_{p1.}/r$
:			:		:		:	:
j	X_{pj1}	X_{pj2}	....	X_{pjk}	....	X_{pjr}	$\Sigma X_{pj.}$	$\Sigma X_{pj.}/r$
:			:		:		:	:
q	X_{pq1}	X_{pq2}	....	X_{pqk}	....	X_{pqr}	$\Sigma X_{pq.}$	$\Sigma X_{pq.}/r$
Jumlah	$\Sigma X_{..1}$	$\Sigma X_{..2}$	...	$\Sigma X_{..k}$	...	$\Sigma X_{..r}$	$\Sigma X_{...}$	

Keterangan:

X_{nr} = Data pengamatan satuan percobaan ulangan ke-r, kontrol ke-n

X_{pqr}= Data pengamatan pada satuan percobaan ulangan ke-r, mendapatkan perlakuan pq (aras ke-p dari faktor A & aras ke-q dari faktor B).

GT_1 = Jumlah keseluruhan 1 atau grand total-1 = $\Sigma X_{..} + \Sigma X_{...}$

GT_2 = Jumlah keseluruhan 2 atau grand total-2 = $\Sigma X_{...}$

Prosedur analisis ragam untuk percobaan faktorial yang terdiri dari dua faktor + kontrol dengan menggunakan rancangan dasar RAL, dapat dilihat pada teladan berikut:

16.2. Analisis Ragam RAL + Kontrol Terpisah

Tabel 16.2. Analisis Ragam RAL + Kontrol Terpisah

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F. hitung	F. tabel 5%
Komb. Perlk.	(AxB+K)-1	JKKP	KT KP	F hit KP	(DBKP;DBG)
Kont x Perlk.	1	JKQ	KTQ	F hit Q	(DBQ; DBG)
Perlakuan	AxB-1	JKP	KT P	F hit P	(DBP; DBG)
A	A-1	JKA	KT A	F hit A	(DBA; DBG)
B	B-1	JKB	KT B	F hit B	(DBB; DBG)
A x B	(A-1)(B-1)	JKAxB	KT AxB	F hit AxB	(DBAB; DBG)
Galat	(AxBxk-1)-(AxB+K-1)	JKG	KTG		
Jumlah	AXBXk-1				

Keterangan:

K = Kontrol,

k = Ulangan

Q = Kontras >< perlakuan

16.3. Teladan: RAL Faktorial 2 x 3 + 1 Kontrol

Suatu penelitian dilaksanakan di lapangan dengan menggunakan percobaan faktorial yang disusun dalam RAL yang terdiri dari dua faktor.

Faktor pertama yaitu Dosis pupuk Urea (dengan simbul U) yang terdiri dari dua aras yaitu: U_1 = 0 dan U_2 = 150 kg/ha. Faktor kedua yaitu Dosis pupuk TSP (dengan simbul T) yang terdiri dari tiga aras yaitu: T_0 = 0, T_1 = 75 dan T_2 = 150 kg/ha. Sehingga diperoleh 2 x 3 = 6 perlakuan serta ditambah 1 perlakuan sebagai kontrol (pupuk organik kambing 10 ton/ha). Masing-masing perlakuan diulang tiga kali sehingga diperlukan (2 x 3 + 1) x 3 = 21 petak atau plot. Masing-masing petak terdiri dari 4 sampel tanaman, sehingga keseluruhan dibutuhkan sebanyak (2 x 3 + 1) x 3 x 4 = 84 tanaman.

Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan dengan tanaman indikator jagung dan parameter yang diamati yaitu diameter tongkol jagung semi. Adapun data pengamatan diameter tongkol jagung semi pada Tabel 16.3 berikut.

Tahap 1 : Penyusunan kembali data dari lapangan

Tabel 16.3. Data Pengamatan Diameter Tongkol Jagung Semi

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
Kontrol	2,2	3,2	2,6	8,0	2,67
U_1T_O	3,2	3,1	2,8	9,1	3,03
U_1T_1	3,2	3,4	3,6	10,2	3,40
U_1T_2	3,5	3,2	3,4	10,1	3,37
U_2T_O	3,6	3,2	3,5	10,3	3,43
U_2T_1	3,9	4,0	3,8	11,7	3,90
U_2T_2	3,6	3,7	3,4	10,7	3,57
Jumlah	23,2	23,8	23,1	GT_1 = 70,1	GM = 3,33

Tahap 2 : Perhitungan faktor koreksi (FK) dan jumlah kuadrat (JK)

1. Faktor koreksi$_1$ (FK_1) = $\frac{GT_1{}^2}{(U \times T \times K) \times k}$

$= \frac{(70{,}1)^2}{(2x\ 3+1) \times 3}$

$= 234{,}0004$

2. JK total (JKt) $= \sum\sum X_{ijk}{}^2 - FK_1$

$= (2{,}2^2 + ... + 3{,}4^2) - 234{,}0004$

$= 237{,}65 - 234{,}0004$

$= 3{,}6495$

3. JK kombinasi perlakuan (JKKP) $= \frac{\sum X_{ij.}{}^2}{k} - FK_1$

$= \frac{(8{,}0^2 + ... + 10{,}7^2)}{3} - 234{,}0004$

$= 2{,}7761$

Tabel 16.4. Perbandingan antar Kelompok (Kontras Orthogonal)

Perlk	Kontrol	U_1T_0	U_1T_1	U_1T_2	U_2T_0	U_2T_1	U_2T_2
Total	8	9,1	10,2	10,1	10,3	11,7	10,7
Koef.	6	-1	-1	-1	-1	-1	-1

4. JK (kont x perlakuan)

L (Kont x Perl) = $\sum(6 \times 8) + ... + (-1 \times 10.7)$ = -14,1

K (Kont x Perl) = $\sum 6^2 + -1^2 + -1^2 + ... + -1^2)$ = 42

JK (kont x perlakuan) = $\frac{L\ (kont >< perlakuan)^2}{K\ (kont >< perlakuan) \times k}$

$$= \frac{(-14,1)^2}{42 \text{ x } 3}$$

$$= 1,5778$$

Tabel 16.5. Penolong (UxT)

Dosis Pupuk Urea	Dosis pupuk TSP			Jumlah	Rerata
	T_O	T_1	T_2		
U_1	9,1	10,2	10,1	29,4	3,27
U_2	10,3	11,7	10,7	32,7	3,63
Jumlah	19,4	21,9	20,8	GT_2 = 62,1	
Rerata	3,23	3,65	3,46		

5. Faktor koreksi$_2$ (FK_2) $= \frac{(GT_2)^2}{U \text{ x } T \text{ x } k}$

$$= \frac{62,1^2}{2 \text{ x } 3 \text{ x } 3}$$

$$= 214,245$$

6. JK perlakuan (JKP) $= \frac{\sum X_{ij.}{}^2}{k} - FK_2$

$$= \frac{(9,1^2 + \ldots + 10,7^2)}{3} - 214,245$$

$$= 1,1983$$

7. JK dosis pupuk urea (JKU) $= \frac{\sum X_{i..}{}^2}{k \text{ x } T} - FK_2$

$$= \frac{(29,4^2 + ... + 32,7^2)}{3 \text{ x } 3} - 214,245$$

$= 0,605$

8. JK dosis pupuk TSP (JKT) $= \frac{\sum X_{.j.}{}^2}{\text{k x U}} - FK_2$

$$= \frac{(19,4^2 + ... + 20,8^2)}{3 \text{ x } 2} - 214,245$$

$= 0,5233$

9. JK interaksi antara urea & TSP (JK U x T) = JKP - JKU - JKT
= 1,1983 - 0,605 - 0,5233
= 0,07

10. JK galat (JKG) = JKt - JKKP
= 3,6495 - 2,7761
= 0,8733

Tahap 3 : Perhitungan derajad bebas (DB) :

1. DB total (DBt) = (U x T + K) x k - 1 = (2 x 3 + 1) x 3 - 1 = 20
2. DB kombinasi perlakuan (DBKP) = (U x T + K) - 1 = (2 x 3 + 1) - 1 = 6
3. DB kontrol >< perlakuan (DBK) = 1 (terdefinisi)
4. DB perlakuan (DBP) = (U x T) - 1 = (2 x 3) - 1 = 5
5. DB dosis pupuk urea (DBU) = U - 1 = 2 - 1 = 1
6. DB dosis pupuk TSP (DBT) = T - 1 = 3 - 1 = 2
7. DB interaksi UxT (DB UxT) = (U - 1)(T - 1) = (2 - 1)(3 - 1) = 2
8. DB galat (DBG) = DBt - DBKP = 20 - 6 = 14

Tahap 4 : Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT kombinasi perlakuan (KTKP) = $\frac{\text{JKKP}}{\text{DBKP}} = \frac{2,7761}{6} = 0,4626$

2. KT kontrol >< Perlakuan (KTK) = $\frac{\text{JKK}}{\text{DBK}} = \frac{1,5778}{1} = 1,5778$

3. KT perlakuan (KTP) = $\frac{\text{JKP}}{\text{DBP}} = \frac{1,1983}{5} = 0,2396$

4. KT dosis pupuk Urea (KTU) = $\frac{\text{JKU}}{\text{DBU}} = \frac{0,605}{1} = 0,6050$

5. KT dosis pupuk TSP (JKT) = $\frac{\text{JKT}}{\text{DBT}} = \frac{0,5233}{2} = 0,2616$

6. KT interaksi urea x TSP (KT UxT) = $\frac{\text{JK (UxT)}}{\text{DB (UxT)}} = \frac{0,07}{2} = 0,5610$

7. KT galat (KTG) = $\frac{\text{JKG}}{\text{DBG}} = \frac{0,8733}{14} = 0,0623$

Tahap 5 : Perhitungan F hitung

1. F hitung kombinasi perlakuan = $\frac{\text{KTKP}}{\text{KTG}} = \frac{0,4626}{0,0623} = 7,4170$

2. F hitung kontrol >< perlakuan = $\frac{\text{KTK}}{\text{KTG}} = \frac{1,5778}{0,0623} = 25,2930$

3. F hitung perlakuan $= \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}2396}{0{,}0623} =$ 3,841

4. F hitung dosis pupuk urea $= \frac{\text{KTU}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}6050}{0{,}0623} =$ 9,698

5. F hitung dosis pupuk TSP $= \frac{\text{KTT}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}2616}{0{,}0623} =$ 4,194

6. F hitung interaksi UxT $= \frac{\text{KT (UxT)}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}070}{0{,}0623} =$ 0,561

Tahap 6 : Penyusunan dari perhitungan ke tabel analisis ragam

Tabel 16.6. Analisis Ragam dalam RAL + 1 Kontrol

Sumber ragam (SK)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F. Hitung	F.tabel 5%
Komb. Perlk.	6	2,7761	0,4626	7,417 *	2,85
Kont >< Perlk.	1	1,5778	1,5778	25,293 *	4,60
Perlakuan	5	1,1983	0,2396	3,841 *	2,96
U	1	0,6050	0,6050	9,698 *	4,60
T	2	0,5233	0,2616	4,194 *	3,74
U x T	2	0,0700	0,0350	0,561 ns	3,74
Galat	14	0,8733	0,0623		
Jumlah	20	3,6495			

Keterangan: ns = Tidak berpengaruh nyata, dan * = Berpengaruh nyata

Koefisien keragaman (KK) atau *coeficient variation* (CV):

$$(\text{KK}) = \frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\dot{\text{X}}} \times 100\% = \frac{\sqrt{0{,}0623}}{3{,}3381} \times 100\% = 7{,}48\%$$

Pada penelitian ini terjadi keragaman yang disebabkan oleh faktor lain yang tidak bisa dikendalikan oleh peneliti sebesar 7,48%

Tahap 7 : Pengujian terhadap perlakuan yang berbeda nyata

Untuk perlakuan dosis pupuk urea tidak perlu diuji lanjut, karena aras perlakuan hanya ada 2 aras.

Uji jarak berganda Duncan pada jenjang nyata 5%

1. Rerata perlakuan dosis pupuk TSP (T)
   T_0 = 3,23 T_1 = 3,65 T_2 = 3,466
2. *Standart error* rerata perlakuan T = $\sqrt{\frac{\text{KTG}}{\text{k x U}}} = \sqrt{\frac{0{,}0623}{3 \times 2}}$ = 0,1019
3. R (2 - 3 ; 14 ; 5%)

r =	2	3
rp =	3,03	3,18
	x 0,1019	
4. SSD =	0,308	0,324

Tabel 16.7. UJBD pada α = 5%

SSD = Rp x Sx	0,324	0,308		
Rerata perlakuan	T_0 = 3,23	T_2 = 3,46	T_1 = 3,65	
T_1 = 3,65	0,42	0,19	0	Baris 1
T_2 = 3,46	0,20	0	p	Baris 2
T_0 = 3,23	0	pq		Baris 3
	q			

T_1 tidak beda nyata dengan T_2 karena selisish 0,19 < SSDnya, tetapi tidak beda nyata dengan T_0 karena selisih T_2 dan T_0 < SSDnya. Berdasarkan UJBD dapat dibuat ringkasan rerata hasil berikut.

Tabel 16.8. Pengaruh Dosis Pupuk Urea dan TSP terhadap Bobot Segar Tanaman.

Dosis Pupuk Urea (kg/ha)	Dosis Pupuk TSP (kg/ha)			Rerata
	0 (T_O)	75 (T_1)	150 (T_2)	
Tanpa pupuk (U_0)	3,03	3,36	3,90	3,26 b
150 (U_1)	3,40	3,43	3,56	3,63 a
Rerata	3,23 q	3,65 pq	3,46 p	(-)
Perlakuan				3,45 x
Kontrol				2,66 y

Berdasarkan Tabel 16.8 di atas dapat dijelaskan bahwa antara kontol dan perlakuan berbeda nyata. Perlakuan dosis pupuk urea 150 kg/ha memberikan diameter tongkol lebih besar dibandingkan tanpa pupuk urea .

Pada perlakuan dosis pupuk TSP 75 kg/ha tidak berbeda nyata dengan dosis 150 kg/ha, tetapi berbeda nyata dengan dosis 0 kg/ha maupun dengan 0 kg/ha. Perlakuan dosis pupuk TSP 150 kg/ha tidak berbeda nyata dengan 0 kg/ha.

BAB 17
KONTRAS ORTHOGONAL DALAM RALK

17.1. Model Matematik dan Struktur data RALK faktorial + Kontrol Terpisah

Tabel 17.1. Struktur Data RALK Faktorial + Kontrol Terpisah

Kontrol		Blok					Jumlah	Rerata
		1	2	.... k	....	r		
1		X_{11}	X_{12}	... X_{1k}	...	X_{1r}	$\Sigma X_{1.}$	$\Sigma X_{1.}/r$
:				:	:		:	:
n		X_{n1}	X_{n2}	... X_{nk}	...	X_{nr}	$\Sigma X_{n.}$	$\Sigma X_{n.}/r$
Jumlah							$\Sigma X_{..}$	
Perlakuan A	B							
1	1	X_{111}	X_{112}	.... X_{11k}	....	X_{11r}	$\Sigma X_{11.}$	$\Sigma X_{11.}/r$
	:			:	:		:	:
	j	X_{1j1}	X_{1j2}	.... X_{1jk}	....	X_{1jr}	$\Sigma X_{1j.}$	$\Sigma X_{1j.}/r$
	:			:	:		:	:
	q	X_{1q1}	X_{1q2}	.... X_{1qk}	....	X_{1qr}	$\Sigma X_{1q.}$	$\Sigma X_{1q.}/r$
i	1	X_{i11}	X_{i12}	.... X_{i1k}	....	X_{i1r}	$\Sigma X_{i1.}$	$\Sigma X_{i1.}/r$
	:			:	:		:	:
	j	X_{ij1}	X_{ij2}	.... X_{ijk}	....	X_{ijr}	$\Sigma X_{ij.}$	$\Sigma X_{ij.}/r$
	:			:	:		:	:
	q	X_{iq1}	X_{iq2}	.... X_{iqk}	....	X_{iqr}	$\Sigma X_{iq.}$	$\Sigma X_{iq.}/r$
p	1	X_{p11}	X_{p12}	.... X_{p1k}	....	X_{p1r}	$\Sigma X_{p1.}$	$\Sigma X_{p1.}/r$
	:			:	:		:	:
	j	X_{pj1}	X_{pj2}	.... X_{pjk}	....	X_{pjr}	$\Sigma X_{pj.}$	$\Sigma X_{pj.}/r$
	:			:	:		:	:
	q	X_{pq1}	X_{pq2}	.... X_{pqk}	....	X_{pqr}	$\Sigma X_{pq.}$	$\Sigma X_{pq.}/r$
Jumlah		$\Sigma X_{..1}$	$\Sigma X_{..2}$	...$\Sigma X_{..k}$	...	$\Sigma X_{..r}$	$\Sigma X_{...}$	

Keterangan:

X_{nr} = Data pengamatan satuan percobaan blok ke-r, kontrol ke-n

X_{pqr} = Data pengamatan pada satuan percobaan blok ke-r, mendapatkan perlakuan pq (aras ke-p dari faktor A& aras ke-q dari faktor B).

GT_1 = Jumlah keseluruhan 1 atau *grand total-1* = $\Sigma X_{..} + \Sigma X_{...}$

GT_2 = Jumlah keseluruhan 2 atau *grand total-2* = $\Sigma X_{...}$

17.2. Analisis Ragam RALK faktorial + Kontrol Terpisah

Tabel 17.2. Analisis Ragam RALK Faktorial + Kontrol Terpisah

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F. Hitung	F. tabel 5%
Blok	k-1	JKk	KTk	F hit k	(DBr; DBG)
Komb. Perlk.	(AxB+K)-1	JKKP	KT KP	F hit KP	(DBKP ; DBG)
Kontras Ort.	1	JKQ	KT Q	F hit Q	(DBQ; DBG)
Perlakuan	(A>< B)-1	JKP	KT P	F hit P	(DBP ; DBG)
A	A-1	JKA	KT A	F hit A	(DBA; DBG)
B	B-1	JKB	KT B	F hit B	(DBB; DBG)
A >< B	(A-1)(B-1)	JKAxB	KT Ax B	F hit AxB	(DBAB; DBG)
Galat	(AxBxk-1)-(AxB+K-1)	JKG	KTG		
Jumlah	(A x B x k) – 1				

Keterangan: K = kontrol, k = blok, Ort. = orthogonal

Prosedur analisis ragam untuk percobaan faktorial yang terdiri dari dua faktor + kontrol dengan menggunakan rancangan dasar RALK.

17.3. Teladan

17.3.1. Teladan 1: RALK faktorial 3 x 4 + 1 Kontrol

Penelitian ini dilaksanakan di lapangan dengan meng-gunakan percobaan faktorial yang disusun dalam rancangan acak lengkap kelompok (RALK) yang terdiri dari dua faktor.

Faktor pertama yaitu Dosis pupuk Urea (dengan simbul U) yang terdiri dari tiga aras yaitu: U_1 = 100, U_2 = 200, U_3 = 300 kg/ha. Faktor kedua yaitu Dosis pupuk TSP (dengan simbul T) yang terdiri dari lima aras yaitu: T_0 = 0, T_1 = 100, T_2 = 200, T_3 = 300 kg/ha, sehingga diperoleh 3x4 = 12 perlakuan dan ditambah 1 perlakuan sebagai kontrol. Masing-masing perlakuan diulang tiga kali (ulangan sebagai blok), sehingga diperlukan (3 x 4 + 1) x 3 = 39 petak atau plot. Setiap petak terdiri dari 4 sampel, sehingga dibutuhkan sebanyak (3 x 4 + 1) x 3 x 4 = 156 tanaman.

Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan dengan indikator tanaman sawi dan parameter yang diamati yaitu bobot segar tanaman.

Tahap 1 : Penyusunan kembali data dari lapangan

Tabel 17.3. Data Pengamatan Bobot Segar Tanaman

Perlakuan	Blok			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
Kontrol	8,61	9,60	9,03	27,24	9,08
U_1T_O	9,50	8,83	8,95	24,31	8,10
U_1T_1	10,69	8,89	9,93	29,45	9,81
U_1T_2	11,46	9,79	11,43	32,68	10,89
U_1T_3	13,88	8,09	12,59	34,56	11,52
U_2T_O	12,33	11,25	11,86	35,44	11,81
U_2T_1	16,49	12,53	18,17	47,19	15,73
U_2T_2	12,23	15,44	15,02	42,69	14,23
U_2T_3	12,04	10,15	11,93	34,12	11,37
U_3T_O	8,64	8,31	9,64	26,59	8,86
U_3T_1	11,39	13,40	10,09	34,88	11,62
U_3T_2	14,06	8,56	12,48	35,10	11,70
U_3T_3	10,09	9,85	8,76	28,70	9,56
Jumlah	151,41	131,66	149,88	GT1=432,95	11,10

Adapun langkah-langkah penyelesaian perhitungannya dapat dilihat langkah sebagai berikut.

Tahap 2 : Perhitungan faktor koreksi (FK) dan jumlah kuadrat (JK)

1. Faktor koreksi$_1$ (FK_1) $= \frac{(GT_1)^2}{(U \text{ x } T + Kont) \text{ x } k}$

$= \frac{(432{,}95)^2}{(3 \text{ x } 4 + 1) \text{ x } 3}$

= 4806,300

2. JK total (JKt) $= \sum\sum X_{ijk}^2 - FK_1$

$= (9{,}50^2 + ... + 8{,}76^2) - 4806{,}300$

$= 5050{,}014 - 4806{,}300$

$= 243{,}7142$

3. JK blok (JKB) $= \frac{\sum X_{..k}^2}{(U \text{ x } T + Kontrol)} - FK_1$

$= \frac{(151{,}41^2 + \cdots + 149{,}88^2)}{3 \text{ x } 4 + 1} - 4806{,}300$

$= 18{,}5736$

4. JK kombinasi perlakuan (JKKP) $= \frac{\sum X_{ij.}^2}{k} - FK_1$

$= \frac{(24{,}31^2 + \cdots + 28{,}70^2)}{3} - 4806{,}300$

$= 164{,}2049$

Tabel 17.4. Perbandingan antar Kelompok (Kontras Orthogonal)

Perlk	Kont	U_1T_0	U_1T_1	U_1T_2	U_1T_3	U_2T_0	U_2T_1	U_2T_2	U_2T_3	U_3T_0	U_3T_1	U_3T_2	U_3T_3
Total	27,24	24,31	29,45	32,68	34,56	35,44	47,19	42,69	34,12	26,59	34,88	35,10	28,70
Koef	12	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

5. JK (Kontrol >< perlakuan)

L (kontrol >< perlakuan) $= \sum(12 \times 27{,}34) + ... + (-1 \times 28{,}70) = -78{,}83$

K (kontrol >< perlakuan) $= \sum 12^2 + -1^2 + -1^2 + ... + -1^2) = 156$

$$\text{JK (kontrol >< perlakuan)} = \frac{\text{L (kontrol >< perlakuan)}^2}{\text{K (kontol >< perlakuan) x blok}}$$

$$= \frac{(-78{,}83)^2}{156 \times 3}$$

$$= 13{,}2781$$

Tabel 17.5. Penolong (UxT)

Dosis Pupuk Urea	Dosis Pupuk TSP				Jumlah	Rerata
	T_O	T_1	T_2	T_3		
U_1	24,31	29,45	32,68	34,56	121,00	10,08
U_2	35,44	47,19	42,69	34,12	159,44	13,28
U_3	26,59	34,88	35,10	28,70	125,27	10,43
Jumlah	86,34	111,52	110,47	97,38	GT_2=405,71	
Rerata	9,59	12,39	12,27	10,82		

6. Faktor koreksi$_2$ (FK_2)

$$= \frac{(GT_2)^2}{(U \times T) \times k}$$

$$= \frac{(405{,}71)^2}{(3 \times 4) \times 3}$$

$$= 4572{,}239$$

7. JK perlakuan (JKP)

$$= \frac{\sum X_{ij.}{}^2}{k} - FK_2$$

$$= \frac{(24{,}31^2 + ... + 28{,}70^2)}{3} - 4572{,}239$$

$= \quad 150{,}9267$

8. JK dosis pupuk urea (JKU) = $\dfrac{\sum X_{i..}{}^2}{\text{k x T}}$ - FK_2

$$= \frac{(121{,}0^2 + \ldots + 125{,}27^2)}{3 \text{ x } 4} - 4572{,}239$$

$= \quad 73{,}9848$

Tabel 17.6. Orthogonal Polinomial untuk Interval Perlakuan Sama pada Perlakuan Dosis Pupuk Urea (U)

Trend regresi	Dosis Pupuk Urea			Deviasi
	U_1	U_2	U_3	x^2
Linier	-1	0	1	2
Kuadratik	1	-2	1	6
Jumlah	121,00	159,44	125,27	

Dari Tabel 17.6 di atas dapat dihitung jumlah kuadrat regresi (JKR):

9. JK regresi (JKR) untuk U

a. JKR linier (JKR L) $= \dfrac{\sum\{(-1 \text{ x } \Sigma U_1) + \cdots + (1 \text{ x } \Sigma U_3)\}^2}{\text{k x T x } X^2{}_{\text{Linier}}}$

$$= \frac{\{(-1 \text{ x } 121) + \cdots + (1 \text{ x } 125{,}27)\}^2}{3 \text{ x } 4 \text{ x } 2}$$

$= 0{,}7597$

b. JKR kuadratik (JKR Q) $= \dfrac{\sum\{(1 \text{ x } \Sigma U_1) + (-2 \text{ x } \Sigma U_2) + (1 \text{ x } \Sigma U_3)\}^2}{\text{k x T x } X^2{}_{\text{Kuadratik}}}$

$$= \frac{\{(1 \text{ x } 121) + \cdots + (1 \text{ x } 125{,}27)\}^2}{3 \text{ x } 4 \text{ x } 6}$$

$= 73{,}2251$

10. JK dosis pupuk TSP (JKT) = $\frac{\sum X_{.i.}{}^2}{k \text{ x } U}$ - FK_2

$$= \frac{(86{,}34^2 + \ldots + 97{,}38^2)}{3 \text{ x } 3} - 4572{,}239$$

$= 47{,}5155$

Tabel 17.7. Orthogonal Polinomial untuk Interval Perlakuan Sama pada Perlakuan Dosis Pupuk TSP (T)

Trend regresi	Dosis Pupuk TSP				Deviasi
	T_O	T_1	T_2	T_3	x^2
Linier	-3	-1	1	3	20
Kuadratik	1	-1	-1	1	4
Kubik	-1	3	-3	1	20
Jumlah	86,34	111,52	110,47	97,38	

Dari tabel di atas dapat dihitung jumlah kuadrat regresi (JKR), sebagai berikut:

11. JK regresi (JKR) untuk T:

a. JKR linier (JKR L) $= \frac{\sum\{(-3 \text{ x } \Sigma T_0) + \cdots + (3 \text{ x } \Sigma T_3)\}^2}{k \text{ x } U \text{ x } X^2{}_{\text{Linier}}}$

$$= \frac{\{(-3 \text{ x } 86{,}34) + \ldots + (3 \text{ x } 97{,}38)\}^2}{3 \text{ x } 3 \text{ x } 20}$$

= 0,7597

b. JKR kuadratik (JKR Q) $= \dfrac{\sum\{(1 \text{ x } \Sigma T_0) + \ldots + (1 \text{ x } \Sigma T_3)\}^2}{\text{k x U x } X^2{}_{\text{Kuadratik}}}$

$$= \frac{\{(1 \text{ x } 86{,}34) + \ldots + (1 \text{ x } 97{,}38)\}^2}{3 \text{ x } 3 \text{ x } 4}$$

= 40,6831

c. JKR kubik (JKR K) $= \dfrac{\sum\{(1 \text{ x } \Sigma T_0) + \ldots + (1 \text{ x } \Sigma T_3)\}^2}{\text{k x U x } X^2{}_{\text{Kuadratik}}}$

$$= \frac{\{(-1 \text{ x } 86{,}34) + \ldots + (1 \text{ x } 97{,}38)\}^2}{3 \text{ x } 3 \text{ x } 20}$$

= 1,1186

12. JK interaksi antara urea & TSP (JK UxT):

= JKP - JKU - JKT

= 150,9267 – 73,9848 – 47,5155

= 29,4263

13. JK galat (JKG) = JKt - JKKP - JKB

= 243,7142 – 164,2049 – 18,5736

= 7,5333

Tahap 3 : Perhitungan derajad bebas (DB)

1. DB total (DBt) = (U x T + kontrol) x k - 1 = (3 x 4 + 1) x 3 - 1 = 38
2. DB blok (DBk) = k - 1 = 3 - 1 = 2
3. DB kombinasi perlakuan (DBKP) = (U x T + 1) - 1 = (3 x 4 + 1) - 1 = 12
4. DB kontrol >< perlakuan (DBK) = 1 (terdefinisi)
5. DB perlakuan (DBP) = (U x T) - 1 = (3 x 4) - 1 = 11
6. DB dosis pupuk urea (DBU) = U - 1 = 3 - 1 = 2
7. DB dosis pupuk TSP (DBT) = T - 1 = 4 - 1 = 3
8. DB interaksi UxT (DB U x T) = (U - 1)(T - 1) = (3 - 1)(4 - 1) = 6
9. DB regresi (DBR) = 1 (terdefinisi)
10. DB galat (DBG) = DBt - DBKP - DBk = 38 - 12 - 2 = 24

Tahap 4 : Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT blok (KTB) $= \dfrac{\text{JKB}}{\text{DBB}} = \dfrac{18{,}5736}{2} = 9{,}2868$

2. KT kombinasi Perlakuan (KTKP) $= \dfrac{\text{JKKP}}{\text{DBKP}} = \dfrac{164{,}2049}{12} = 13{,}6837$

3. KT kontrol >< perlakuan $= \dfrac{\text{JK kont><perlk}}{\text{DB kont><perlk}} = \dfrac{13{,}2781}{1} = 13{,}2781$

6. KT perlakuan (KTP) $= \dfrac{\text{JKP}}{\text{DBP}} = \dfrac{150{,}9267}{11} = 13{,}7206$

7. KT dosis pupuk urea (KTU) = $\frac{\text{JKU}}{\text{DBU}}$ = $\frac{73{,}9848}{2}$ = 36,9924

9. KT Regresi (KTR) untuk Urea:

a. KTR linier (KTRL) = $\frac{\text{JKR linier}}{\text{DBR}}$ = $\frac{0{,}7597}{1}$ = 0,7597

b. KTR kuadratik (KTRQ) = $\frac{\text{JKR kuadratik}}{\text{DBR}}$ = $\frac{73{,}2251}{1}$ = 73,2251

7. KT dosis pupuk urea (KTT) = $\frac{\text{JKT}}{\text{DBT}}$ = $\frac{47{,}5155}{3}$ = 15,8385

9. KT Regresi (KTR) untuk TSP:

a. KTR linier (KTRL) = $\frac{\text{JKR linier}}{\text{DBR}}$ = $\frac{5{,}7138}{1}$ = 5,7138

b. KTR kuadratik (KTRQ) = $\frac{\text{JKR kuadratik}}{\text{DBR}}$ = $\frac{40{,}6831}{1}$ = 5,7138

c. KTR kubik (KTRK) = $\frac{\text{JKR kubik}}{\text{DBR}}$ = $\frac{1{,}1186}{1}$ = 1,1186

10. KT interaksi U x T (KT VxR) = $\frac{\text{JK (UxT)}}{\text{DB (UxT)}}$ = $\frac{29{,}4263}{6}$ = 4,9043

11. KT Galat (KTG) = $\frac{\text{JKG}}{\text{DBG}}$ = $\frac{60{,}9356}{24}$ = 2,5389

Tahap 5 : Perhitungan F hitung

1. F hitung blok = $\frac{\text{KTB}}{\text{KTG}}$ = $\frac{9{,}2868}{2{,}5389}$ = 3,6570

2. F hitung komb. perlakuan $= \dfrac{\text{KTKP}}{\text{KTG}} = \dfrac{13{,}6837}{2{,}5389} = 5{,}3890$

3. F hitung kontrol >< perlakuan $= \dfrac{\text{KT kont}{>}{<}\text{perlk}}{\text{KTG}} = \dfrac{13{,}5389}{2{,}5389} = 5{,}229$

6. F hitung perlakuan $= \dfrac{\text{KTP}}{\text{KTG}} = \dfrac{13{,}7206}{2{,}5389} = 5{,}403$

8. F hitung U $= \dfrac{\text{KTU}}{\text{KTG}} = \dfrac{36{,}9924}{2{,}5389} = 14{,}569$

9. F hitung regresi untuk perlakuan U:

   a. Linier $= \dfrac{\text{KTR linier}}{\text{KTG}} = \dfrac{0{,}7597}{2{,}5389} = 1{,}593$

   b. Kuadratik $= \dfrac{\text{KTR kuadratik}}{\text{KTG}} = \dfrac{73{,}2251}{2{,}5389} = 28{,}840$

8. F hitung T $= \dfrac{\text{KTT}}{\text{KTG}} = \dfrac{15{,}8385}{2{,}5389} = 6{,}238$

9. F hitung regresi untuk perlakuan T:

   a. Linier $= \dfrac{\text{KTR linier}}{\text{KTG}} = \dfrac{5{,}7138}{2{,}5389} = 2{,}250$

   b. Kuadratik $= \dfrac{\text{KTR kuadratik}}{\text{KTG}} = \dfrac{40{,}6831}{2{,}5389} = 16{,}023$

   c. Kubik $= \dfrac{\text{KTR kubik}}{\text{KTG}} = \dfrac{1{,}1186}{2{,}5389} = 0{,}023$

10. F hitung interaksi UxT $= \dfrac{\text{KT UxT}}{\text{KTG}} = \dfrac{4{,}9043}{2{,}5389} = 1{,}931$

Tahap 6 : Penyusunan dari hasil perhitungan ke tabel analisis ragam

Tabel 17.8. Analisis Ragam RALK Faktorial + 1 Kontrol Terpisah

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F.hitung	F.tabel 5%
Blok	2	18,5736	9,2868	3,657 *	3,40
Komb. Perlk.	12	164,2049	13,6837	5,389 *	2,18
Kont x Perlk.	1	13,2781	13,2781	5,229 *	4,26
Perlakuan	11	150,9267	13,7206	5,403 *	2,22
U	2	73,9848	36,9924	14,569 *	3,40
Linier	1	0,7597	0,7597	0,299 ns	4,26
Kuadratik	1	73,2251	73,2251	28,840 *	4,26
T	3	47,5155	15,8385	6,238 *	3,01
Linier	1	5,7138	5,7138	2,250 ns	4,26
Kuadratik	1	40,6831	40,6831	16,023 *	4,26
Kubik	1	1,1186	1,1186	0,440 ns	4,26
U x T	6	29,4263	4,9043	1,931 ns	2,51
Galat	18	60,9356	2,5389		
Jumlah	29	243,7142			

Keterangan: ns = Tidak berpengaruh nyata, * = Berpengaruh nyata

Koefisien keragaman (KK) atau *coeficient variation* (CV):

$$(\text{KK}) = \frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\dot{\text{X}}} \times 100\%$$

$$= \frac{\sqrt{2{,}5389}}{11{,}1012} \times 100\%$$

$$= 17{,}66\%$$

Artinya pada penelitian ini terjadi keragaman yang disebabkan oleh faktor lain yang tidak bisa dikendalikan sebesar 17,66%

Tahap 7 : Pengujian terhadap perlakuan yang berbeda nyata

Uji jarak berganda Duncan pada jenjang nyata 5%

1. Rerata perlakuan dosis pupuk urea (U)
   U_1 = 10,083 U_2 = 13,286 U_3 = 10,439

2. S_x rerata perlakuan U = $\sqrt{\frac{\text{KTG}}{\text{k x T}}}$ = $\sqrt{\frac{2{,}5389}{3 \text{ x } 4}}$ = 0,4599

3. R (2 - 3 ; 24 ; 5%)

r =	2	3
rp =	2,92	3,07

x 0,4599

4. SSD = 1,343   1,412

Tabel 17.9. UJBD pada α = 5%

SSD = Rp x Sx	1,412	1,343	
Rerata Perlakuan	U_1 = 10,083	U_3 = 10,439	U_2 = 13,286
U_2 = 13,286	3,203	2,847	0
U_3 = 10,439	0,355	0	a
U_1 = 10,083	0	b	
	b		

Baris 1
Baris 2
Baris 3

Berdasarkan Tabel 17.9 dapat diambil kesimpulan bahwa U_2 memberikan hasil terbaik (huruf a) dan beda nyata dengan perlakuan U_3 (huruf b) dan U_1 (huruf b). Antara perlakuan U1 dan U3 tidak beda nyata karena sama-sama diikuti huruf b.

1. Rerata perlakuan dosis pupuk TSP (T)
   T_0 = 5,593 T_1 = 12,391 T_2 = 12,274 T_3 = 10,820

2. S_x rerata perlakuan U = $\sqrt{\dfrac{\text{KTG}}{\text{k x U}}} = \sqrt{\dfrac{2{,}5389}{3 \times 3}} = 0{,}5311$

3. R (2 - 4 ; 24 ; 5%)

r =	2	3	4
rp =	2,92	3,07	3,15

x 0,5311

4. SSD = 1.551 1,630 1,673

Tabel 17.10. UJBD pada α = 5%

SSD = Rp x Sx	1,673	1,630	1,551		
Rerata Perlakuan	T_0 = 9,593	T_3 = 10,820	T_2 = 12,274	T_1 = 12,391	
T_1 = 12,391	2,797	1,571	0,116	0	Baris 1
T_2 = 12,274	2,681	1,545	0	p	Baris 2
T_3 = 10,820	1,226	0	p		Baris 3
T_0 = 9,593	0	q			Baris 3
	q				

Tabel 17.10 dapat dijelaskan bahwa perlakuan T1 dan T2 tidak beda nyata karena sama-sama diikuti huruf p tetapi keduanya beda nyata dengan T0 dan T3. Antara perlakuan T0 dan T3 tidak beda nyata karena sama-sama diikuti huruf q.

a. Analisis regresi perlakuan U

Diketahui: Perlakuan U_i dianggap sebagai X_i yaitu: X_1 = 100, X_2 = 200, dan X_3 = 300 kg/ha. Rerata perlakuan $\dot{X}_{.j}$ dianggap sebagai Y_i yaitu: Y_1 = 10,083 ; Y_2 = 13,286 ; dan Y_3 = 10,439. Selanjutnya dilakukan analisis regresi kuadratik dengan langkah berikut.

Tabel 17.11. Persamaan Regresi Kuadratik untuk Perlakuan Urea (U)

Y	y	X	z_1	X^2	z_2	z_1y	z_2y	z_1z_2
10,083	-1,186	100	-100	10000	-36666,666	118,633	43498,888	3666666,6
13,286	2,016	200	0	40000	-6666,666	0	-13444,444	0
10,439	-0,830	300	100	90000	43333,333	-83,033	-35981,111	4333333,3
$\bar{Y}$	Σy^2	$\bar{X}$	$\Sigma z1^2$	$\bar{X^2}$	Σz_2^2	Σz_1y	Σz_2y	Σz_1z_2
11,269	6,163	200	20000	4666,6	3,3E+09	35,6	-5926,666	8000000

- Koefisien regresi b_1 = $\dfrac{(\Sigma z2^2 \text{ x } \Sigma z1y) - (\Sigma z1z2 \text{ x } \Sigma z2y)}{(\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2^2) - (\Sigma z1z2)^2}$

$$= \frac{(3{,}3\text{E}{+}09 \text{ x } 35{,}6) - (8000000 \text{ x } -5926{,}666)}{(20000 \text{ x } 3{,}3\text{E}{+}09) - (8000000)^2}$$

= 0,12278

- Koefisien regresi b_2 = $\dfrac{(\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2y) - (\Sigma z1z2 \text{ x } \Sigma z1y)}{(\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2^2) - (\Sigma z1z2)^2}$

$$= \frac{(20000 \text{ x } -5926{,}666) - (8000000 \text{ x } 35{,}6)}{(20000 \text{ x } 3{,}3\text{E}{+}09) - (8000000)^2}$$

= -0,0003025

- Konstanta (a) = $\bar{Y}$ - (b_1 x $\bar{X}$) - (b_2 x $\bar{X^2}$)
  = 11,26 - (0,1227 x 200) - (-0.0003025 x 46666,6)
  = 0,83

Sehingga diperoleh persamaan regresi berikut.

$$Y = 0{,}83 + 0{,}12278\, X - 0{,}0003025\, X^2$$

- Perlakuan terbaik (X opt) = $\dfrac{-\,\mathrm{b1}}{2\ \mathrm{b2}}$ = $\dfrac{-0{,}12278}{2\ \mathrm{x}\ -0{,}0003025}$ = 202,94 kg/ha

- Hasil tertinggi (Y maks) = Y_{maks} = a + (b_1 x X_{opt}) + (b_2 x X_{opt}^2)
  = 0,83 + (0,12278 x 202,94) + (-0,0003025 x 202,94²)
  = 13,288 gram

- Koefisien determinasi (R^2) = $\dfrac{(\mathrm{b1\ x\ }\Sigma \mathrm{z1y}) + (\mathrm{b2\ x\ }\Sigma \mathrm{z2y})}{\Sigma \mathrm{y}^2}$

$$= \frac{(0{,}12278\ \mathrm{x}\ 35{,}6) + (-0{,}0003025\ \mathrm{x}\ -5926{,}666)}{6{,}163}$$

= 1,00

b. Analisis regresi perlakuan T

Diketahui: Perlakuan T_i dianggap sebagai X_i yaitu: X_1 = 0, X_2 = 100, X3 = 200 dan X_3 = 300 kg/ha. Rerata perlakuan $\dot{X}_{.j}$ dianggap sebagai Y_i yaitu: Y_1 = 9,593 ; Y_2 = 12,391 ; Y_3 = 13,274 dan Y_4 = 10,820. Selanjutnya dilakukan analisis regresi kuadratik dengan langkah berikut.

Tabel 17.12. Persamaan Regresi Kudratik untuk Perlakuan TSP (T)

Y	y	X	z_1	X²	z_2	z_1y	z_2y	z_1z_2
9,593	-1,676	0	-150	0	-35000	251,475	58677,5	5250000
12,391	1,121	100	-50	10000	-25000	-56,075	-28037,5	1250000
13,274	1,004	200	50	40000	5000	50,225	5022,5	250000
10,820	-8,449	300	300	90000	55000	-67,425	-24722,5	8250000
Ȳ	Σy²	Ẍ	Σz1²	Ẍ²	Σz1²	Σz1y	Σz2y	Σz1z2
11,269	5,279	150	50000	35000	4,9E+09	178,2	10940	15000000

- Koefisien regresi b_1 = $\frac{(\Sigma z2^2 \text{ x } \Sigma z1y) \; - \; (\Sigma z1z2 \text{ x } \Sigma z2y)}{(\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2^2) \; - \; (\Sigma z1z2)^2}$

$= \frac{(9{,}3E{+}09 \text{ x } 178{,}2) - (15000000 \text{ x } -10940)}{(50000 \text{ x } 4{,}9E{+}09) - (15000000)^2}$

= 0,03545

- Koefisien regresi b_2 = $\frac{(\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2y) \; - \; (\Sigma z1z2 \text{ x } \Sigma z1y)}{(\Sigma z1^2 \text{ x } \Sigma z2^2) \; - \; (\Sigma z1z2)^2}$

$= \frac{(50000 \text{ x } 10940) - (15000000 \text{ x } 178{,}2)}{(50000 \text{ x } 4{,}9E{+}09) - (15000000)^2}$

= -0,0001063

- Konstanta (a) = $\bar{Y}$ - (b_1 x $\bar{X}$) - (b_2 x $\bar{X}^2$)
  = 11,26 - (0,03545 x 150) - (-0,0001063 x 35000)
  = 9,672

- Sehingga diperoleh persamaan regresi berikut.
  Y = 9,672 + 0,03545 X – 0,0001063 X^2

- Perlakuan terbaik (X opt) = $\frac{-\text{ b1}}{2 \text{ b2}} = \frac{-0{,}03545}{2 \text{ x } -0{,}0001063}$ = 166,76 kg/ha

- Hasil tertinggi (Y maksimum) = Y_{maks} = a + (b_1 x X_{opt}) + (b_2 x X_{opt}^2)
  = 9,6719 + (0,03545 x 166,76) + (-0,0001063 x $166{,}76^2$)
  = 12,628 gram

- Koefisien determinasi (R^2) = $\frac{(\text{b1 x } \Sigma z1y) \; + \; (\text{b2 x } \Sigma z2y)}{\Sigma y^2}$

$$= \frac{(0{,}03545 \text{ x } 178{,}2) + (-0{,}0001063 \text{ x } 10940)}{5{,}279}$$

= 0,97

Berdasarkan analisis ragam, UJBD dan analisis regresi, dapat dibuat ringkasan rerata hasil sebagai berikut.

Tabel 17.13. Pengaruh Dosis Pupuk Urea dan Dosis Pupuk TSP terhadap Bobot Segar Tanaman.

Dosis Pupuk Urea (kg/ha)	Dosis Pupuk TSP (kg/ha)				Rerata
	0 (T_O)	100 (T_1)	200 (T_2)	300 (T_3)	
100 (U_1)	8,10	9,81	10,89	11,52	10,08 b
200 (U_2)	11,81	15,73	14,23	11,37	13,28 a
300 (U_3)	8,86	11,62	11,70	9,56	10,43 b
Rerata	9,59 q	12,39 p	12,27 p	10,82 q	(-)
Kontrol					9,08 y
Perlakuan					11,26 x

Berdasarkan Tabel 17.13 di atas dapat dijelaskan bahwa antara kontol dan perlakuan berbeda nyata. Perlakuan dosis pupuk urea 200 kg/ha memberikan berat segar tanaman yang tertinggi dan berbeda nyata dibandingan dosis pupuk urea 100 kg/ha atau 300 kg/ha. Antara perlakuan dosis pupuk urea 100 dan 300 kg/ha tidak berbeda nyata.

Pada perlakuan dosis pupuk TSP dosis 100 kg/ha dan 200 kg/ha tidak berbeda nyata, tetapi kedua perlakuan tersebut berbeda nyata dengan dosis 0 kg/ha maupun dengan 300 kg/ha. Kontrol dan dosis 300 kg/ha tidak berbeda nyata.

Berdasarkan Analisis ragam dapat ditunjukkan bahwa pengaruh Dosis pupuk urea terhadap berat segar tanaman bersifat kuadratik dengan persamaan $Y = 0,83 + 0,12278\ X - 0,0003025\ X^2$, koefisien determinasi (R^2) = 1, dan diperoleh perlakuan dosis optiumum sebesar 202,94 kg/ha dan hasil maksimum sebesar 13,288 gram.

Pengaruh dosis pupuk TSP terhadap berat segar tanaman bersifat kuadratik dengan persamaan $Y = 9,6719 + 0,03545\ X - 0,0001063\ X^2$, koefisien determinasi (R^2) = 0,97 dan diperoleh perlakuan dosis optimum sebesar 166,76 kg/ha dan diperoleh hasil maksimum sebesar 12,628 gram.

17.3.2. Teladan 2: RALK faktorial 2 x 4 + 2 kontrol

Suatu penelitian lapangan dengan judul "Pengaruh Varietas dan Dosis Pupuk Kandang terhadap Pembungaan Tanaman Jagung" menggunakan percobaan faktorial yang disusun dalam RALK.

Adapun faktor pertama yaitu varietas (simbul V), yang terdiri dari 2 aras: V_1 = varietas BISI I dan V_2 = Arjuno. Sedangkan faktor kedua yaitu dosis pupuk kandang (simbul R) terdiri dari 4 aras: R_1 = 5, R_2 = 10, R_3 = 15 dan R_4 = 20 ton/ha. Dan terdapat dua kontrol yaitu jagung varietas BISI I (kontrol-1) dan Arjuno (kontrol-2) yang tidak dipupuk sama sekali (sebagai kontrol).

Masing-masing perlakuan diulang 3 kali sehingga diperoleh (2 x 4 + 2) x 3 = 30 petak. Masing-masing petak terdiri dari 4 sampel tanaman, sehingga keseluruhan dibutuhkan (2 x 4 + 2) x 3 x 4 = 120 tanaman.

Penelitian ini dilakukan selama 3,5 bulan dengan indikator tanaman jagung dan parameter yang diamati yaitu waktu pembungaan. Data pengamatan saat pembungaan tanaman dapat dilihat pada Tabel 17.14 berikut.

Tahap 1 : Penyusunan kembali data dari lapangan

Tabel 17.14. Data Pengamatan Saat Bunga Mekar (Hari)

Perlakuan	Blok			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
Kontrol-1	53,25	50,00	50,50	153,75	51,25
Kontrol-2	54,25	53,25	54,50	162,00	54,00
V_1R_1	52,25	49,50	50,25	152,00	50,67
V_1R_2	53,25	51,25	52,25	156,75	52,25
V_1R_3	56,75	49,25	55,25	153,25	51,08
V_1R_4	52,00	61,25	53,25	157,50	52,50
V_2R_1	52,00	61,25	53,25	166,50	55,50
V_2R_2	53,00	56,25	51,50	160,75	53,58
V_2R_3	53,50	51,00	51,25	155,75	51,92
V_2R_4	55,75	52,00	54,75	162,50	54,17
Jumlah	537,00	521,25	522,50	GT_1=1580,75	

Tahap 2 : Perhitungan faktor koreksi (FK) dan jumlah kuadrat (JK)

1. Faktor koreksi$_1$ (FK_1) = $\frac{(GT_1)^2}{(V \text{ x } R + \text{Kontrol}) \text{ x } k}$

$$= \frac{(405{,}71)^2}{(2 \text{ x } 4+2) \text{ x } 3}$$

$$= 83292{,}3$$

2. JK total (JKt) $= \sum Y_{ijk}^2 - FK_1$

$= (53{,}25^2 + ... + 54{,}75^2) - 83292{,}3$

$= 205{,}3910$

3. JK blok (JKB) $= \dfrac{\Sigma(X_{..k})^2}{(V \text{ x } R + \text{kontrol})}$ - FK_1

$$= \frac{(537^2 + 521{,}25^2 + 522{,}5^2)}{2 \text{ x } 4 + 2} - 83292{,}3$$

$= 15{,}3291$

4. JK kombinasi perlakuan (JKKP) $= \dfrac{\sum X_{ij.}{}^2}{k}$ - FK_1

$$= \frac{(51{,}25^2 + \cdots + 54{,}17^2)}{3} - 83292{,}3$$

$= 66{,}5020$

Tabel 17.15. Perbandingan antar Kelompok (Kontras Orthogonal)

Perlakuan	K_1	K_2	V_1R_1	V_1R_2	V_1R_3	V_1R_4	V_2R1	V_2R_2	V_2R_3	V_2R_4
Total	51,25	50,67	50,67	52,25	51,08	52,50	55,50	53,58	51,92	54,17
K x Perlk	+8	+8	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
K_1 x K_2	+1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0

5. JK (kontrol >< perlakuan)
   L (kontrol >< perlakuan) $= \sum(8 \text{ x } 51{,}25) + ... + (-2 \text{ x } 54{,}17) = -4$
   K (kontrol >< perlakuan) $= \sum 8^2 + 8^2 + -2^2 + ... + -2^2) = 160$

   JK (kontrol >< perlakuan) $= \dfrac{\text{L (kontrol >< perlakuan)}^2}{\text{K (kontol >< perlakuan) x blok}}$

$$= \frac{(-4)^2}{160 \text{ x } 3}$$

$= 0{,}0333$

6. JK (K_1 >< K_2)

L (K_1 >< K_2) = $\sum(1 \text{ x } 51{,}25) + (-1 \text{ x } 162{,}00) = -8{,}25$

K (K_1 >< K_2) = $\sum(1^2 + -1^2) = 2$

$$\text{JK } (K_1 >< K_2) = \frac{\text{L (K1} >< \text{K2)}^2}{\text{K (K1} >< \text{K2) x blok}}$$

$$= \frac{(-8{,}25)^2}{2 \text{ x } 3}$$

$= 11{,}3437$

7. JK kontras orthogonal = JK (kontrol >< perlakuan) + JK (K_1 >< K_2)

= 0,0333 + 11,3437

= 11,3770

Tabel 17.16. Penolong (VxR)

Jenis Varietas	Dosis Pupuk Kandang				Jumlah	Rerata
	R_1	R_2	R_3	R_4		
V_1	152,00	156,75	153,25	157,50	619,50	51,63
V_2	166,50	160,75	155,75	162,50	645,50	53,79
Total	318,50	317,50	309,00	320,00	GT_2=1265	

8. Faktor koreksi$_2$ (FK_2) = $\frac{(GT_2)^2}{(\text{V x R) x k}} = \frac{(1265{,}00^2}{(2 \text{ x } 4\text{) x } 3} = 66676{,}0$

9. JK perlakuan (JKP) = $\frac{\sum X_{ij.}{}^2}{k} - FK_2$

$$= \frac{(54{,}00^2 + \ldots + 54{,}17^2)}{3} - 66676{,}0$$

$= 55{,}125$

10. JK perlakuan V (JKV) = $\dfrac{\sum X_{i..}^{\ 2}}{k \times R}$ - FK_2

$$= \frac{(619{,}50^2 + ... + 645{,}50^2)}{3 \times 4} - 66676{,}0$$

= 28,1666

11. JK perlakuan R (JKR) = $\dfrac{\sum X_{.j.}^{\ 2}}{k \times V}$ - FK_2

$$= \frac{(318{,}50^2 + ... + 320{,}00^2)}{3 \times 2} - 66676{,}0$$

= 12,2083

12. Jumlah Kuadrat VxR (JK VxR) = JKP - JKV - JKR

= 55,125 – 28,1666 – 12,2083

= 14,7500

Tabel 17.17. Orthogonal Polinomial untuk Interval Perlakuan Sama pada Dosis Pupuk Kandang

Trend Regresi	Dosis Pupuk Kandang				Deviasi
	R_1	R_2	R_3	R_4	x^2
Linier	-3	-1	1	3	20
Kuadratik	1	-1	-1	1	4
Kubik	-1	3	-3	1	20
Jumlah	318,50	317,50	309,00	320,00	

Dari Tabel 17.17 di atas dapat dihitung jumlah kuadrat regresi (JKR), sebagai berikut:

13. JK regresi (JKR)

a. JKR linier (JKR L) $= \dfrac{\sum\{(-3 \text{ x } \Sigma R_1) + \cdots + (3 \text{ x } \Sigma R_4)\}^2}{\text{k x V x } X^2{}_{\text{Linier}}}$

$= \dfrac{\{(-3 \text{ x } 318{,}50) + \ldots + (3 \text{ x } 320{,}00)\}^2}{3 \text{ x } 3 \text{ x } 20}$

= 0,1333

b. JKR kuadratik (JKR Q) $= \dfrac{\sum\{(1 \text{ x } \Sigma R_1) + \ldots + (1 \text{ x } \Sigma R_4)\}^2}{\text{k x V x } X^2{}_{\text{Kuadratik}}}$

$= \dfrac{\{(1 \text{ x } 318{,}50) + \ldots + (1 \text{ x } 320{,}00)\}^2}{3 \text{ x } 3 \text{ x } 4}$

= 6,0000

c. JKR kubik (JKR K) $= \dfrac{\sum\{(1 \text{ x } \Sigma R_1) + \ldots + (1 \text{ x } \Sigma R_4)\}^2}{\text{k x V x } X^2{}_{\text{Kuadratik}}}$

$= \dfrac{\{(-1 \text{ x } 318{,}50) + \ldots + (1 \text{ x } 320{,}00)\}^2}{3 \text{ x } 3 \text{ x } 20}$

= 6,0750

14. JK galat (JKG) = JKT – JKKP – JKB
= 220,710 - 66,5020 - 15,3291
= 138,8790

Tahap 3 : Perhitungan derajad bebas (DB)

1. DB total (DBT) = (V x R + Kontrol) x k – 1 = (2 x 4 + 2) x 3 – 1 = 29
2. DB blok (DBB) = k – 1 = 3 – 1 = 2

3. DB Kombinasi Perlakuan (DBKP) = (V x R + K) – 1 = (2 x 4 + 2) – 1 = 9
4. DB kontrol >< perlk = 1 (terdefinisi)
5. DB K_1 >< K_2 = 1 (terdefinisi)
6. DB kontras orthogonal (DBKO) = DB faktor >< perlakuan+DB K_1 >< K_2

   = 1 + 1 = 2
7. DB perlakuan (DBP) = (V x R) – 1 = (2 x 4) – 1 = 7
8. DB jenis varietas (DBV) = V – 1 = 2 – 1 = 1
9. DB dosis pupuk (DBR) = R – 1 = 4 – 1 = 3
10. DB regresi (DBR) = 1 (terdefinisi)
11. DB interaksi VxR (DB VxR) = (V – 1)(R – 1) = (2 – 1)(4 – 1) = 3
12. DB galat (DBG) = DBT – DBKP – DBB = 29 – 9 – 2 = 18

Tahap 4 : Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT blok (KTB) = $\frac{\text{JKB}}{\text{DBB}} = \frac{15{,}3291}{2}$ = 7,6645
2. KT kombinasi Perlakuan (KTKP) = $\frac{\text{JKKP}}{\text{DBKP}} = \frac{66{,}5020}{9}$ = 7,6645
3. KT kontrol >< perlakuan = $\frac{\text{JK kont}><\text{perlk}}{\text{DB kont}><\text{perlk}} = \frac{0{,}0333}{1}$ = 0,0330
4. KT K_1 >< K_2 = $\frac{\text{JK K1}><\text{K2}}{\text{DB K1}><\text{K2}} = \frac{11{,}3437}{1}$ = 11,3437

5. KT kontras orthogonal $= \frac{\text{JKKO}}{\text{DBKO}} = \frac{11{,}3770}{2} = 5{,}6885$

6. KT perlakuan (KTP) $= \frac{\text{JKP}}{\text{DBP}} = \frac{55{,}1250}{7} = 7{,}8750$

7. KT varietas (KTV) $= \frac{\text{JKV}}{\text{DBV}} = \frac{28{,}1666}{1} = 28{,}1666$

8. KT dosis pupuk kandang (KTR) $= \frac{\text{JKR}}{\text{DBR}} = \frac{12{,}2083}{3} = 4{,}1666$

9. KT Regresi (KTR) untuk R:

   d. KTR linier (KTRL) $= \frac{\text{JKR linier}}{\text{DBR}} = \frac{0{,}1333}{1} = 0{,}1333$

   e. KTR kuadratik (KTRQ) $= \frac{\text{JKR kuadratik}}{\text{DBR}} = \frac{6{,}0000}{1} = 6{,}0000$

   f. KTR kubik (KTRK) $= \frac{\text{JKR kubik}}{\text{DBR}} = \frac{6{,}0750}{1} = 6{,}0750$

10. KT interaksi V x R (KT VxR) $= \frac{\text{JK VxR}}{\text{DB VxR}} = \frac{14{,}7500}{3} = 4{,}9166$

11. KT Galat (KTG) $= \frac{\text{JKG}}{\text{DBG}} = \frac{138{,}879}{18} = 7{,}7155$

Tahap 5 : Perhitungan F Hitung

1. F hitung blok $= \frac{\text{KTB}}{\text{KTG}} = \frac{7{,}6645}{7{,}7155} = 0{,}993$

2. F hitung komb. perlakuan $= \dfrac{\text{KTKP}}{\text{KTG}} = \dfrac{7{,}3891}{7{,}7155} = 0{,}957$

3. F hitung kontrol >< perlakuan $= \dfrac{\text{KT kont}><\text{perlk}}{\text{KTG}} = \dfrac{0{,}0333}{7{,}7155} = 0{,}004$

4. F hitung $K_1 >< K_2$ $= \dfrac{\text{KT K1}><\text{K2}}{\text{KTG}} = \dfrac{1{,}3437}{7{,}7155} = 1{,}470$

5. F hitung kontras orthogonal $= \dfrac{\text{KTKO}}{\text{KTG}} = \dfrac{5{,}6885}{7{,}7155} = 0{,}737$

6. F hitung perlakuan $= \dfrac{\text{KTP}}{\text{KTG}} = \dfrac{55{,}1250}{7{,}7155} = 1{,}021$

7. F hitung V $= \dfrac{\text{KTV}}{\text{KTG}} = \dfrac{28{,}1666}{7{,}7155} = 3{,}651$

8. F hitung R $= \dfrac{\text{KTR}}{\text{KTG}} = \dfrac{4{,}0694}{7{,}7155} = 0{,}527$

9. F hitung regresi untuk perlakuan R:

   d. Linier $= \dfrac{\text{KTR linier}}{\text{KTG}} = \dfrac{0{,}1333}{7{,}7155} = 0{,}017$

   e. Kuadratik $= \dfrac{\text{KTR kuadratik}}{\text{KTG}} = \dfrac{6}{7{,}7155} = 0{,}777$

   f. Kubik $= \dfrac{\text{KTR kubik}}{\text{KTG}} = \dfrac{6{,}0750}{7{,}7155} = 0{,}787$

10. F hitung interaksi VxR $= \dfrac{\text{KT VxR}}{\text{KTG}} = \dfrac{4{,}9166}{7{,}7155} = 0{,}637$

Tahap 6 : Penyusunan dari perhitungan ke tabel analisis ragam

Tabel 17.18. Analisis Ragam RALK Faktorial + 2 Kontrol

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F.Hitung	F.tabel 5%
Blok	2	15,3291	7,6645	0,993 ns	3,55
Kombinasi perlk.	9	66,5020	7,3891	0,957 ns	2,46
Ort. kontras	2	11,3770	5,6885	0,757 ns	3,55
Kontrol>< perlk.	1	0,0333	0,0333	0,004 ns	4,41
K_1 >< K_2	1	11,3437	11,3437	1,470 ns	4,41
Perlakuan	7	55,1250	7,8750	1,020 ns	2,58
V	1	28,1666	28,1666	3,650 ns	4,41
R	3	12,2083	4,0694	0,527 ns	3,16
Linier	1	0,1333	0,1333	0,017 ns	4,41
Kuadratik	1	6,0000	6,0000	0,777 ns	4,41
Kubik	1	6,0750	6,0750	0,787 ns	4,41
V x R	3	14,7500	4,9166	0,637 ns	3,16
Galat	18	138,8790	7,7155		
Jumlah	29	205,3910			

Keterangan: ns = Tidak berpengaruh nyata, * = Berpengaruh nyata

Koefisien keragaman (KK) atau *364coeficient variation* (CV):

$$(KK) = \frac{\sqrt{KTG}}{\dot{X}} \times 100\% = \frac{\sqrt{7,7155}}{52,6916} \times 100\% = 5,20\%$$

Pada penelitian ini terjadi keragaman yang disebabkan oleh faktor lain yang tidak bisa dikendalikan sebesar 5,2%

Tidak dilakukan uji lanjut, karena tidak ada perlakuan yang berpengaruh nyata.

BAB 18

RANCANGAN PETAK TERBAGI (RPT) DALAM RALK

18.1. Model Matematik RPT dalam RALK

Split plot sering digunakan untuk percobaan-percobaan yang berhadapan dengan masalah ukuran petak (*plot*) yang lebih besar dalam faktor satu dibandingkan faktor yang lain. Sebagai contoh percobaan dengan perlakuan jarak tanam dan dosis urea terhadap produksi padi gogo. Percobaan akan mengunakan *plot* yang lebih besar untuk jarak tanam dan diperlakukan sebagai petak utama (*main plot*), sedangkan dosis pupuk urea diperlakukan sebagai anak petak (*sub plot*). Alasan lain digunakan RPT yaitu untuk memperbesar ketelitian pada faktor tertentu (*sub plot*) dibandingkan faktor lain (*main plot*), dalam hal ini lebih mencurahkan perhatian pada *sub plot* daripada *main plot*nya. Faktor yang kurang penting (dikorbankan) ditempatkan sebagai petak utama (*main plot*), sedangkan faktor yang dipentingkan ditempatkan sebagai anak petak (*sub plot*). Jadi dengan contoh di atas, jarak tanam dianggap kurang penting, sedangkan perlakuan dosis pupuk urea dianggap lebih penting.

Model linier dan analisis ragam RPT dalam RALK:

Model matematika untuk percobaan yang terdiri dari dua faktor (A dan B) dengan menggunakan RPT dalam RALK sebagai berikut.

$$X_{ijkl} = \mu + K_k + \alpha_i + \delta_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \in_{ijk}$$

Keterangan:

i = 1, ..., a; j = 1, ..., b; dan k = 1, ..., r

Tabel 18.1. Struktur Data *Split Plot Design* dengan Dua Faktor

Perlakuan A	Perlakuan B	Blok 1	2	....	k	....	r	Jumlah	Rerata
1	1	X_{111}	X_{112}	....	X_{11k}	....	X_{11r}	$\Sigma X_{11.}$	$\Sigma X_{11.}/r$
	.								
	j	X_{1j1}	X_{1j2}	....	X_{1jk}	....	X_{1jr}	$\Sigma X_{1j.}$	$\Sigma X_{1j.}/r$
	.								
	Q	X_{1q1}	X_{1q2}	....	X_{1qk}	....	X_{1qr}	$\Sigma X_{1q.}$	$\Sigma X_{1q.}/r$
2	1	X_{211}	X_{212}	....	X_{21k}	....	X_{21r}	$\Sigma X_{21.}$	$\Sigma X_{21.}/r$
	.								
	j	X_{2j1}	X_{2j2}	....	X_{2jk}	....	X_{2jr}	$\Sigma X_{2j.}$	$\Sigma X_{2j.}/r$
	.								
	q	X_{2q1}	X_{2q2}	....	X_{2qk}	....	X_{2qr}	$\Sigma X_{2q.}$	$\Sigma X_{2q.}/r$
i	1	X_{i11}	X_{i12}	....	X_{i1k}	....	X_{i1r}	$\Sigma X_{i1.}$	$\Sigma X_{i1.}/r$
	.								
	j	X_{ij1}	X_{ij2}	....	X_{ijk}	....	X_{ijr}	$\Sigma X_{ij.}$	$\Sigma X_{ij.}/r$
	.								
	Q	X_{iq1}	X_{iq2}	....	X_{iqk}	....	X_{iqr}	$\Sigma X_{iq.}$	$\Sigma X_{iq.}/r$
p	1	X_{p11}	X_{p12}	....	X_{p1k}	....	X_{p1r}	$\Sigma X_{p1.}$	$\Sigma X_{p1.}/r$
	.								
	j	X_{pj1}	X_{pj2}	....	X_{pjk}	....	X_{pjr}	$\Sigma X_{pj.}$	$\Sigma X_{pj.}/r$
	.								
	Q	X_{pq1}	X_{pq2}	....	X_{pqk}	....	X_{pqr}	$\Sigma X_{pq.}$	$\Sigma X_{pq.}/r$
Jumlah		$\Sigma X_{..1}$	$\Sigma X_{..2}$	...	$\Sigma X_{..k}$	...	$\Sigma X_{..r}$	$\Sigma X_{...}$	

Lanjutan keterangan:

X_{ijk} = Data pengamatan pada satuan percobaan ke-k, yang mendapatkan perlakuan ijk (aras ke-i dari faktor A dan aras ke-j dari faktor B, blok ke-k)

μ = Rata-rata yang sesungguhnya.

K_k = Pengaruh aditif dari blok ke-k

α_i = Pengaruh aditif aras ke-i dari faktor A

δ_{ik} = Pengaruh galat yang muncul pada aras ke-i dari 366faktor A dalam blok ke-k, sering disebut galat petak utama (galat a)

β_j = Pengaruh aditif aras ke-j dari faktor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Pengaruh interaksi aras ke-i faktor A dan aras ke-j dari faktor B

r_k = Pengaruh aditif dari blok ke-k

$\in_{ijk}$ = Pengaruh galat pada blok ke-k yang memeperoleh perlakuan aras ke-i faktor A dan aras ke-j faktor B, sering disebut sebagai galat anak petak (galat b).

Asumsi yang mendasar dari model matematik tersebut yaitu galat percobaan harus timbul secara acak, menyebar secara bebas dan normal dengan nilai rerata sama dengan nol dan ragam σ^2, atau dituliskan sebagai δ_{ik} ~ $NI(0,\sigma^2_{\delta})$ dan $\in_{ijk}$ ~ $NI(0, \sigma^2_{\in})$.

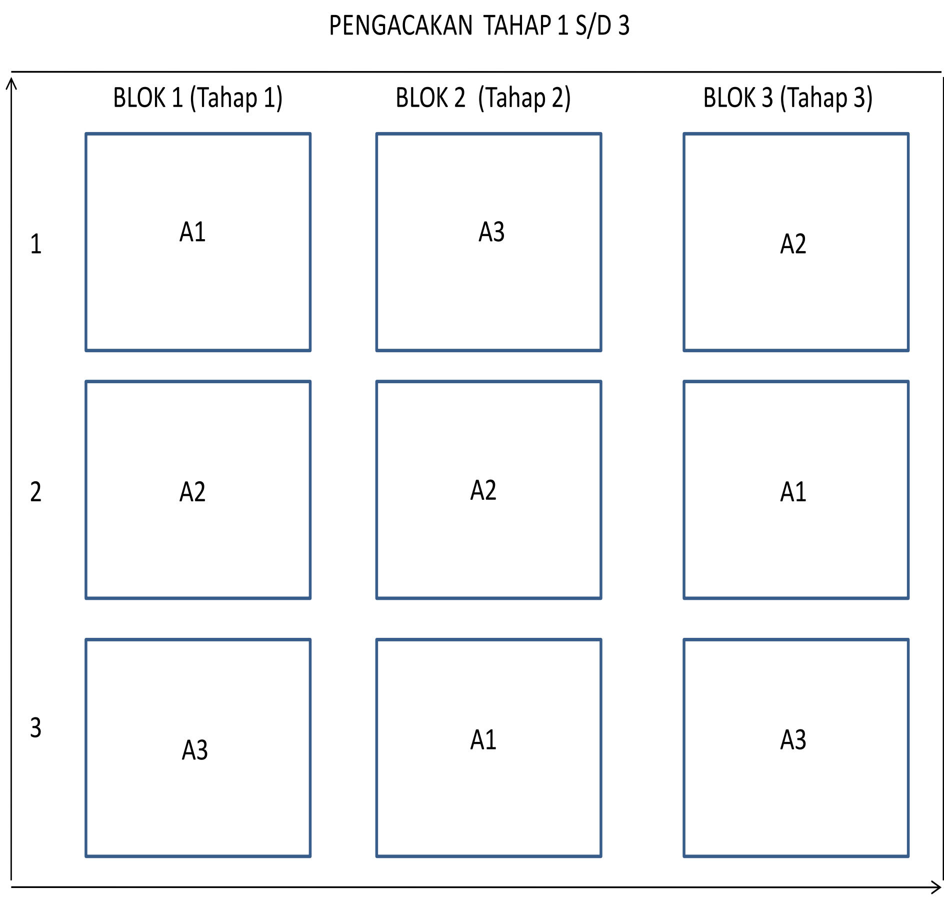
18.2. Pengacakan pada *Split Plot*

Pengacakan split plot dilakukan dua tahap. Tahap pertama yaitu untuk pengacakan aras faktor yang ditempatkan pada petak utama (*main plot*), dan pengacakan tahap kedua yaitu untuk aras faktor yang ditempatkan pada anak petak (*sub plot* dalam setiap petak utama).

Contoh :

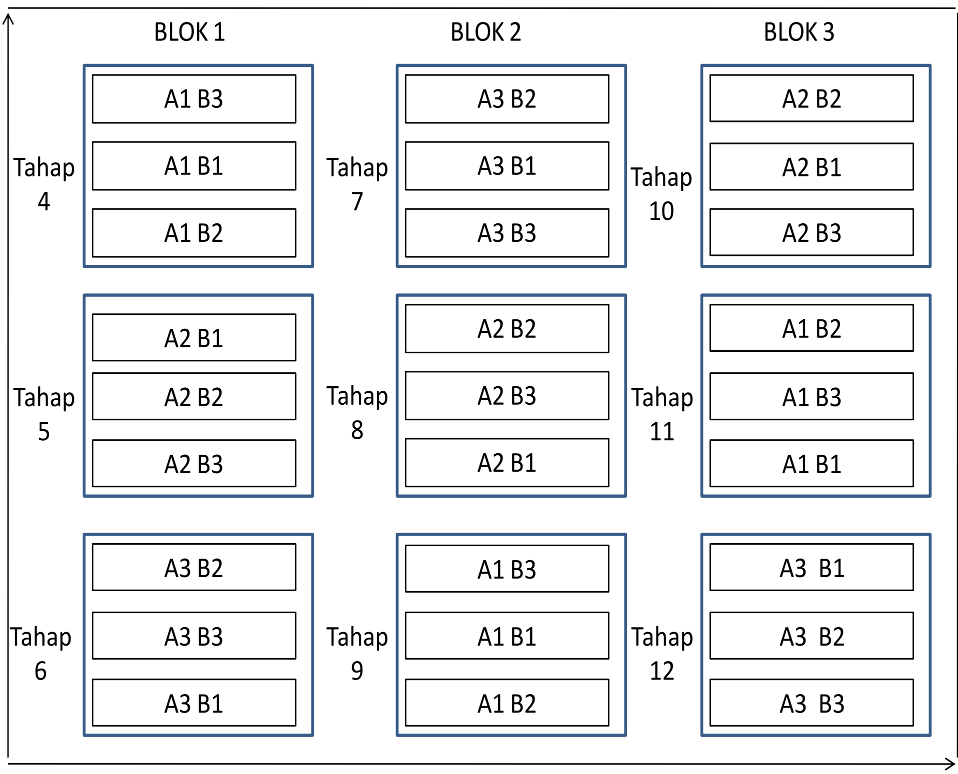
Percobaan faktorial dengan perlakuan yang terdiri atas dua faktor yang disusun dalam rancangan acak lengkap kelompok (RALK). Faktor pertama (*main plot*) yaitu solarisasi tanah (simbul A) yang terdiri atas empat taraf, yaitu: A_1 = merah, A_2 = hitam dan A_3 = transparan. Faktor kedua (*sub plot*) yaitu kedalaman tanah (simbul B) yang terdiri dari empat taraf, yaitu: B_1 = 10 hari, B_2 = 20 hari dan B_3 = 30 hari.

Sehingga diperoleh 3 x 3 = 9 kombinasi perlakuan. Setiap perlakuan diulang tiga kali (ulangan sebagai blok), sehingga dibutuhkan 10 x 3 = 27 petak perlakuan



Gambar 18.1. Pengacakan Faktor Pertama pada *Main Plot*

PENGACAKAN TAHAP 4 S/D 12



Gambar 18.2. Pengacakan Faktor Kedua pada *Sub Plot*

18.3. Analisis Ragam RPT dalam RALK

Tabel 18.2. Analisis Ragam RPT dalam RALK

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F. Hitung	F.tabel 5%
Petak Utama :					
Blok	k-1	JKk	KTk	F hit. k	(DBk; DBG(a))
Main-plot (A)	A-1	JKA	KTA	F hit. A	(DBA; DBG(a))
Galat (a)	(k-1)(A-1)	JK(a)	KT(a)		
Anak Petak :					
Sub-plot (B)	B-1	JKB	KTB	F hit. B	(DBB ; DBG(b))
A X B	(A-1)(B-1)	JK(AB)	KT(AB)	F hit.(AB)	(DBAB;DBG(b))
Galat (b)	A(k-1)(B-1)	JKG(b)	KTG(b)		
Jumlah	kAB-1	JKt			

Langkah-langkah analisis ragam untuk perlakuan faktorial yang terdiri dari dua faktor dengan menggunakan rancangan *split plot* dapat dilihat pada teladan berikut.

18.4. Teladan: RPT dalam RALK Faktorial 2 x 3

Suatu penelitian berjudul “Pengaruh Dosis Limbah Pabrik Gula dan Urea terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi”. Penelitian ini dilaksanakan di lapangan dengan menggunakan percobaan faktorial yang disusun dalam rancangan *split plot* yang terdiri dari dua faktor.

Faktor pertama yaitu dosis limbah pabrik gula (dengan simbul P) yang terdiri dari 2 aras yaitu: $P_0 = 0$, dan $P_1 = 3$ mg/l. Faktor kedua yaitu dosis pupuk Urea (dengan simbul D) yang terdiri dari 3 aras yaitu: $D_0 = 0$, $D_1 = 2$, dan $D_2 = 3$ g/tanaman.

Kombinasi dari dua faktor diperoleh 2 x 3 = 6 kombinasi perlakuan. Masing-masing perlakuan diulang tiga kali, maka diperlukan 2 x 3 x 3 = 18 petak atau plot. Setiap petak terdiri dari 3 sampel tanaman, sehingga keseluruhan dibutuhkan sebanyak 2 x 3 x 3 x 3 = 56 tanaman. Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan dan dengan parameter penilaian kalus.

Tahap 1 : Penyusunan data dari hasil pengamatan

Tabel 18.3. Rerata NH_4 (ppm)

Perlakuan	Blok			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
P_OD_O	12,86	11,57	12,22	36,65	12,22
P_OD_1	9,80	11,57	13,18	34,55	11,52
P_OD_2	14,46	14,62	11,57	40,65	13,55
P_1D_O	1,61	1,61	1,61	4,83	1,61
P_1D_1	7,23	5,62	6,11	18,96	6,32
P_1D_2	12,86	11,25	10,45	34,56	11,52
Total	58,82	56,24	55,14	170,20	9,46

Berdasarkan data tersebut maka dilakukan perhitungan sebagai berikut.

Tahap 2 : Perhitungan faktor koreksi (FK) dan jumlah kuadrat (JK)

1. Faktor koreksi (FK) $= \frac{(\mathrm{GT})^2}{\mathrm{P \times D \times k}}$

$$= \frac{170{,}20^2}{2 \times 3 \times 3}$$

$$= 1609{,}241$$

2. JK total (JKt) $= \sum\sum X_{ijk}^2$ - FK

$= (12{,}86^2 + ...+ 10{,}45^2) - 1609{,}241$

$= 329{,}6382$

3. JK blok (JKB) $= \dfrac{\Sigma X_{..k}^{\;2}}{P \times D}$ - FK

$= \dfrac{(58{,}82^2 + ...+ 55{,}14^2)}{2 \times 3} - 1609{,}241$

$= 1{,}1920$

Tabel 18.4. Penolong P

Dosis Limbah Pabrik Gula (g/l)	Blok			Jumlah
	1	2	3	
P_0	37,12	37,76	36,96	111,84
P_1	21,70	18,48	18,17	58,35
Jumlah	58,82	56,2	55,14	170,20

3. JK P (JKP) $= \dfrac{\Sigma X_{i..}^{\;2}}{D \times k}$ - FK

$= \dfrac{(111{,}84^2 + 58{,}35^2)}{3 \times 3} - 1609{,}241$

$= 158{,}984$

4. JK galat a (JKG (a)) $= \dfrac{\Sigma X_{i.k}^{\;2}}{D}$ - FK - JKP - JKB

$$= \frac{(37{,}12^2 + ... + 18{,}17^2)}{3} - 1609{,}241 - 158{,}984 - 1{,}192$$

$$= 1{,}4736$$

Tabel 18.5. Penolong D

Dosis Limbah Pabrik Gula (g/l)	Blok			Jumlah
	1	2	3	
D_0	14,47	13,18	13,83	41,48
D_1	17,03	17,19	19,29	53,51
D_2	27,32	25,87	22,02	75,21
Jumlah	58,82	56,24	55,14	170,20

5. JK D (JKD) $= \frac{\Sigma X_{.j.}{}^2}{P \times k} - FK$

$$= \frac{(41{,}48^2 + ... + 75{,}21^2)}{2 \times 3} - 1609{,}241$$

$$= 97{,}4323$$

Tabel 18.6. Penolong (PxD)

Dosis Pupuk K (g/tan)	Dosis Limbah Pabrik (g/tan)			Jumlah	Rerata
	D_0	D_1	D_2		
P_0	36,64	34,55	40,65	111,84	12,43
P_1	4,83	18,96	34,56	58,35	6,48
Jumlah	41,48	53,51	75,21	170,20	
Rerata	6,91	8,92	12,54		

6. JK interaksi antara dosis pupuk P & D (JK PxD)

$$= \frac{\Sigma X_{ij.}^{\ 2}}{k} - FK - JKP - JKD$$

$$= \frac{(36{,}65^2 + \ldots + 34{,}56^2)}{3} - 1609{,}241 - 158{,}9841 - 97{,}4323$$

$$= 56{,}4042$$

7. JK Galat b (JKG(b)) = JKt - JKB - JKP - JKG(a) - JKD - JK(PxD)

= 329,638 – 1,192 – 158,984 – 1,474 – 97,432 – 56,404

= 14,1518

Tahap 3 : Perhitungan derajad bebas (DB)

1. DB total (DBt) = (P x D x k) - 1 = (2 x 3 x 3) - 1 = 17
2. DB blok (DBr) = (k - 1) = 3 - 1 = 2
3. DB *main plot* (P) (DBP) = P - 1 = 2 - 1 = 1
4. DB galat a (DBG a) = (k - 1)(P - 1) = (3 - 1)(2 - 1) = 2
5. DB *sub plot* (D) (DBD) = D - 1 = 4 - 1 = 3
6. DB interaksi PxD (DB PxD) = (P-1)(D-1) = (2-1)(3-1) = 2
7. DB galat b (DBG(b)) = DBt - DBk - DBP – DBG (a) - DBD – DB (PxD)

   = 17 - 2 - 1 - 2 - 2 – 2 = 8

Tahap 4 : Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT blok (KTB) $= \dfrac{\text{JKB}}{\text{DBB}} = \dfrac{1{,}1920}{2} =$ 0,5960

2. KT *main plot* (P) (KTP) $= \dfrac{\text{JKP}}{\text{DBP}} = \dfrac{158{,}9841}{1} =$ 158,9841

3. KT galat (a) (KTG a) $= \dfrac{\text{JKG (a)}}{\text{DBG (a)}} = \dfrac{1{,}4736}{2} =$ 0,7368

4. KT *sub plot* (D) (KTD) $= \dfrac{\text{JKD}}{\text{DBD}} = \dfrac{97{,}4323}{2} =$ 48,7161

5. KT interaksi PxD (KT PxD) $= \dfrac{\text{JK (PxD)}}{\text{DB (PxD)}} = \dfrac{56{,}4042}{2} =$ 28,2021

6. KT galat b (KTG b) $= \dfrac{\text{JKG (b)}}{\text{DBG (b)}} = \dfrac{14{,}1518}{8} =$ 1,7689

Tahap 5 : Perhitungan F hitung

1. F hitung blok $= \dfrac{\text{KTB}}{\text{KTG (a)}} = \dfrac{0{,}5960}{0{,}7368} =$ 0,8089

2. F hitung *main plot* $= \dfrac{\text{KTP}}{\text{KTG (a)}} = \dfrac{158{,}9841}{0{,}7368} =$ 215,7712

3. F hitung *sub plot* $= \dfrac{\text{KTD}}{\text{KTG (b)}} = \dfrac{48{,}7161}{1{,}7689} =$ 27,5391

4. F hitung interaksi PxD $= \dfrac{\text{KT (PxD)}}{\text{KTG (b)}} = \dfrac{28{,}2021}{1{,}7689} = 19{,}9425$

Tahap 6 : Penyusunan dari perhitungan ke tabel analisis ragam

Tabel 18.7. Analisis Ragam RPT dalam RALK

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F.Hitung	F. tabel 5%
Blok	2	1,1920	0,5960	0,809 ns	19,00
Main plot (P)	1	158,9841	158,9841	215,771 *	18,51
Galat (a)	2	1,4736	0,7368		
Sub plot (D)	2	97,4323	48,7161	27,539 *	4,46
P x D	2	56,4042	28,2021	15,942 *	4,46
Galat (b)	8	14,1518	1,7689		
Jumlah	17	329,6382			

Keterangan: ns = Tidak berpengaruh nyata,
* = Berpengaruh nyata

Kesimpulan: Terjadi interaksi nyata antara perlakuan P dan D karena F hitung interaksi (15,942) > F tabel 5% DB (2 ; 8) yaitu 4,46.

Koefisien keragaman (KK) pada *split plot* ada dua karena ada dua sumber galat yang terjadi pada *main plot* dan pada *sub plot.*

1. KK a $= \dfrac{\sqrt{\text{KTG (a)}}}{\dot{\text{X}}}$ x 100% $= \dfrac{\sqrt{0{,}7368}}{9{,}4552}$ x 100% = 9,0783%

2. KK b $= \dfrac{\sqrt{\text{KTG (b)}}}{\dot{\text{X}}}$ x 100% $= \dfrac{\sqrt{1{,}7689}}{9{,}4552}$ x 100% = 14,0665%

Tahap 7 : Pengujian terhadap perlakuan yang berbeda nyata

Uji beda nyata terkecil (BNT) pada jenjang nyata 5%

BNT 5% = 4,303 x $\sqrt{\dfrac{2 \; x \; 1{,}7689}{3}}$

= 3,016

Uji interaksi P pada D:

1. Uji perbedaan antara P pada D_O
   $|P_O - P_1|$ = $|12{,}215 - 1{,}610|$ = 10,605 > BNT 5% = 3,016
   Kesimpulan: Ada beda nyata antara rerata perlakuan P_O dan P_1

2. Uji perbedaan antara P pada D_1
   $|P_O - P_1|$ = $|11{,}517 - 6{,}320|$ = 5,197 > BNT 5% = 3,016
   Kesimpulan: Ada beda nyata antara rerata perlakuan P_O dan P_1

3. Uji perbedaan antara P pada D_2
   $|P_O - P_1|$ = $|13{,}550 - 11{,}520|$ = 2,030 < BNT 5% = 3,016
   Kesimpulan: Tidak beda nyata antara rerata perlakuan P_O dan P_1

Uji interaksi D pada P:

Uji perbedaan antara D pada P_O

1. $|D_O - D_1|$ = $|12{,}215 - 11{,}517|$ = 0,698 < BNT 5% = 3,016
   Kesimpulan: Tidak beda nyata antara rerata perlakuan D_O dan D_1

2. $|D_O - D_2|$ = $|12{,}215 - 13{,}550|$ = 1,335 < BNT 5% = 3,016
   Kesimpulan: Tidak beda nyata antara rerata perlakuan D_O dan D_1

3. $|D_1 - D_2|$ = $|11{,}517 - 13{,}550|$ = 2,033 < BNT 5% = 3,016
   Kesimpulan: Tidak beda nyata antara rerata perlakuan D_O dan D_1

Uji perbedaan antara D pada P_1

1. $|D_O - D_1| = |1{,}610 - 6{,}320| = 4{,}710 > $ BNT 5% = 3,016
   Kesimpulan: Ada beda nyata antara rerata perlakuan D_O dan D_1
2. $|D_O - D_2| = |1{,}610 - 11{,}520| = 9{,}910 > $ BNT 5% = 3,016
   Kesimpulan: Ada beda nyata antara rerata perlakuan D_O dan D_1
3. $|D_1 - D_2| = |6{,}320 - 11{,}520| = 5.200 > $ BNT 5% = 3,016
   Kesimpulan: Ada beda nyata antara rerata perlakuan D_O dan D_1

Berdasarkan BNT, maka dapat dijelaskan pengaruh dosis limbah pabrik gula dan urea terhadap NH_4, dapat dilihat pada Tabel 18.8 berikut.

Tabel 18.8. Pengaruh Dosis Limbah Pabrik Gula dan Urea terhadap Kandungan NH_4 pada Jaringan Tanaman Sawi

Dosis Limbah Pabrik Gula (g/tan.)	Dosis Urea (g/tan.)			Rerata
	D_0	D_1	D_2	
P_0	11,22 a p	11,52 a p	13,55 a p	12,42
P_1	1,61 b r	6,32 b q	11,52 a p	6,48
Rerata	6,91	8,92	12,54	(+)

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf sama baik pada kolom maupun baris menunjukkan tidak ada beda nyata antar perlakuan berdasarkan uji beda nyata terkecil (BNT) pada jenjang nyata 5%. BNT 5% = 3,016, tanda (+): terjadi interaksi nyata

Berdasarkan Tabel 18.8 tersebut di atas menunjukkan bahwa antar perlakuan P_O dan P_1 berbeda nyata baik pada D_O maupun pada D_1, sedangkan pada D_2 tidak berbeda nyata. Perlakuan dosis pupuk urea menunjukkan tidak berbeda nyata antar perlakuan pada P_O, sedangkan pada P_1 menunjukkan adanya saling berbeda nyata antar rerata perlakuan.

BAB 19

KONTRAS ORTHOGONAL PADA RPT DALAM RALK

19.1. Model Matematik dan Struktur Data

Tabel 19.1. Struktur Data RPT dalam RALK Faktorial + Kontrol Terpisah

Kontrol	Blok: 1	2	.... k	r	Jumlah	Rerata
1	X_{11}	X_{12}	... X_{1k}	X_{1r}	$\Sigma X_{1.}$	$\Sigma X_{1.}/r$
.	.				.	.
.	.				.	.
N	X_{n1}	X_{n2}	... X_{nk}	X_{nr}	$\Sigma X_{n.}$	$\Sigma X_{n.}/r$
Jumlah	$\Sigma X_{.1}$	$\Sigma X_{.2}$	... $\Sigma X_{.k}$ ...	$\Sigma X_{.r}$	$\Sigma X_{..}$	
Perlakuan A B						
1 1	X_{111}	X_{112}	.... X_{11k}	X_{11r}	$\Sigma X_{11.}$	$\Sigma X_{11.}/r$
.						
j	X_{1j1}	X_{1j2}	.... X_{1jk}	X_{1jr}	$\Sigma X_{1j.}$	$\Sigma X_{1j.}/r$
.						
Q	X_{1q1}	X_{1q2}	.... X_{1qk}	X_{1qr}	$\Sigma X_{1q.}$	$\Sigma X_{1q.}/r$
i 1	X_{i11}	X_{i12}	.... X_{i1k}	X_{i1r}	$\Sigma X_{i1.}$	$\Sigma X_{i1.}/r$
.						
j	X_{ij1}	X_{ij2}	.... X_{ijk}	X_{ijr}	$\Sigma X_{ij.}$	$\Sigma X_{ij.}/r$
.						
Q	X_{iq1}	X_{iq2}	.... X_{iqk}	X_{iqr}	$\Sigma X_{iq.}$	$\Sigma X_{iq.}/r$
p 1	X_{p11}	X_{p12}	.... X_{p1k}	X_{p1r}	$\Sigma X_{p1.}$	$\Sigma X_{p1.}/r$
.						
j	X_{pj1}	X_{pj2}	.... X_{pjk}	X_{pjr}	$\Sigma X_{pj.}$	$\Sigma X_{pj.}/r$
.						
q	X_{pq1}	X_{pq2}	.... X_{pqk}	X_{pqr}	$\Sigma X_{pq.}$	$\Sigma X_{pq.}/r$
Jumlah	$\Sigma X_{..1}$	$\Sigma X_{..2}$	... $\Sigma X_{..k}$ ...	$\Sigma X_{..r}$	$\Sigma X_{...}$	

Keterangan:

X_{nr} = Data pengamatan satuan percobaan blok ke-r, kontrol ke-n

X_{pqr} = Data pengamatan pada satuan percobaan blok ke-r, mendapatkan perlakuan pq (aras ke-p dari faktor A & aras ke-q dari faktor B).

GT_1 = Jumlah keseluruhan 1 atau *grand total-1* = $\Sigma X_{..} + \Sigma X_{...}$

GT_2 = Jumlah keseluruhan 2 atau *grand total-2* = $\Sigma X_{...}$

19.2. Analisis Ragam RPT dalam RALK + kontrol

Tabel 19.2. Analisis Ragam pada RPT dalam RALK + Kontrol

Sumber ragam (SR)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F. hitung	F. tabel 5%
Petak Utama :					
Blok	k-1	JKRk	KTk	F hit. k	(DBR; DBG(a))
Komb.Perlakuan	KP-1	JKKP	KTKP	F hit KP	(DBKP; DBG(a))
Kont><Perlakuan	1	JKQ	KTQ	F hit Q	(DBQ ; DBG(a))
Main-plot (A)	A-1	JKA	KTA	F hit. A	(DBA ;DBG(a))
Galat (a)	(k-1)(A+K-1)	JK(a)	KT(a)		
Anak Petak :					
Sub-plot (B)	B-1	JKB	KTB	F hit. B	(DBB ; DBG(b))
A X B	(A-1)(B-1)	JK(AB)	KT(AB)	F hit.(AB)	(DBAB; DBG(b))
Galat (b)	A(k-1)(B-1)	JKG(b)	KTG(b)		
Jumlah	k(AB+K) - 1	JKt			

19.3. Teladan: RPT dalam RALK Faktorial 4 x 3 + 1 Kontrol

Penelitian berjudul “Pengaruh Jarak Tanam dan Dosis Pupuk TSP terhadap Tinggi Tanaman Jagung BISI 2”. Penelitian dilaksanakan di lapangan dengan menggunakan percobaan faktorial yang disusun dalam

Rancangan dasar RALK yang terdiri dari dua faktor dan ditambah 1 kontrol. Faktor pertama yaitu jarak tanam sebagai petak utama (dengan simbul K) yang terdiri dari 4 aras yaitu: K_1 = 40 x 40 cm, K_2 = 40 x 50 cm, K_3 = 40 x 60 cm dan K_4 = 40 x 70 cm. Faktor kedua yaitu dosis pupuk TSP (dengan simbul P) yang terdiri dari 3 aras yaitu: P_1 = 2, P_2 = 4, dan P_3 = 6 gram/tanaman.

Kombinasi dari dua faktor diperoleh 4x3 = 12 kombinasi perlakuan. Setiap kombinasi perlakuan diulang tiga kali, maka diperlukan 4 x 3 x 3 = 36 petak. Masing-masing petak terdiri dari 3 sampel, sehingga keseluruhan dibutuhkan sebanyak 4 x 3 x 3 x 3 = 108 tanaman. Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan dan dengan parameter tinggi tanaman (m).

Tahap 1 : Penyusunan kembali data dari lapangan

Tabel 19.3. Tinggi Tanaman Jagung Hibrida BISI 2 (m)

Perlakuan	Blok			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
K_1P_1	1,5	1,7	1,6	4,8	1,60
K_1P_2	2,0	2,0	2,1	6,1	2,03
K_1P_3	1,8	2,0	2,0	5,8	1,93
K_2P_1	1,4	1,6	1,6	4,6	1,53
K_2P_2	2,1	1,9	1,8	5,8	1,93
K_2P_3	2,2	2,0	2,2	6,4	2,13
K_3P_1	1,9	2,1	1,9	5,9	1,96
K_3P_2	2,2	2,0	2,0	6,2	2,06
K_3P_3	2,4	2,3	2,1	6,8	2,26
K_4P_1	2,3	2,2	2,2	6,7	2,23
K_4P_2	2,3	2,1	2,3	6,7	2,23
K_4P_3	2,4	2,0	2,3	6,7	2,23
Kontrol	1,5	1,4	1,6	4,5	1,50
Total	26	25,3	25,7	GT_2 = 77 GT_1 = 72,5	1,97

Keterangan: kontrol = C dan blok = k

Berdasarkan data Tabel 19.3 di atas, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut.

Tahap 2 : Perhitungan faktor koreksi (FK) dan jumlah kuadrat (JK)

1. Faktor koreksi$_1$ (FK_1) = $\dfrac{GT_1{}^2}{(K \times P + C) \times k}$

$$= \frac{77^2}{(4 \times 3 + 1) \times 3}$$

$= 152{,}0256$

2. JK total (JKt) = $\sum\sum X_{ijk}{}^2 - FK_1$

$= (1{,}5^2 + ... + 1{,}6^2) - 152{,}0256$

$= 3{,}0543$

3. JK blok (JKB) = $\dfrac{\Sigma X_{..k}{}^2}{K \times P + C} - FK_1$

$$= \frac{(26^2 + ... + 25{,}7^2)}{4 \times 3 + 1} - 152{,}0256Y_{ij.}$$

$= 0{,}0189$

3. JK kombinasi perlakuan (JKKP) = $\dfrac{\Sigma X_{ij.}{}^2}{k} - FK_1$

$$= \frac{(4{,}8^2 + ... + 4{,}5^2)}{3} - 152{,}0256$$

$= 2{,}6610$

Tabel 19.4. Perbandingan antar Kelompok (Kontras Orthogonal)

Perlk	K_1P_1	K_1P_2	K_1P_3	K_2P_1	K_2P_2	K_2P_3	...	Kontrol
Total	4,8	6,1	5,8	4,6	5,8	6,4	...	4,5
Koef	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	12

1. JK kontras orthogonal (JKQ) =

Kontras (Q) = kontrol >< perlakuan

L Q = (-1 x 4,8) + (-1 x 6,1) + ... + (12 x 4,5) = -18,5

K Q = $-1^2 + -1^2 + -1^2 + ... + 12^2$ = 156

$$\text{JK Q} = \frac{(\text{L Q})^2}{(\text{K Q x r})} = \frac{(-18{,}5)^2}{(156 \text{ x } 3)} = 0{,}7313$$

2. Faktor Koreksi$_2$ (FK_2) $= \dfrac{GT_2{}^2}{(\text{K x P}) \text{ x k}}$

$$= \frac{72{,}5^2}{(4 \text{ x } 3) \text{ x } 3}$$

$$= 146{,}0069$$

Tabel 19.5. Penolong K

JarakTanam (cm)	Blok			Jumlah
	1	2	3	
K_1	5,3	5,7	5,7	16,7
K_2	5,7	5,5	5,6	16,8
K_3	6,5	6,4	6,0	18,9
K_4	7,0	6,3	6,8	20,1
Jumlah	24,5	23,9	24,1	72,5

3. JK jarak tanam (JKK) $= \dfrac{\Sigma X_{i..}{}^2}{P \times k}$ - FK_2

$= \dfrac{(16{,}7^2 + \ldots + 20{,}1^2)}{3 \times 3}$ - 146,0069

= 0,9208

Tabel 19.6. Orthogonal polinomial untuk interval perlakuan sama pada perlakuan jarak tanam

Trend Regresi	Jarak Tanam (cm)				Deviasi x^2
	K_1	K_2	K_3	K_4	
Linier	-3	-1	1	3	20
Kuadratik	1	-1	-1	1	4
Kubik	-1	3	-3	1	20
Jumlah	16,7	16,8	18,9	20,1	

4. JK regresi (JKR):

   a. JKR linier (JKR L) $= \dfrac{\sum\{(-3 \times \Sigma K_1) + \ldots + (3 \times \Sigma K_4)\}^2}{P \times k \times X^2{}_{\text{Linier}}}$

   $= \dfrac{\{(-3 \times 16{,}7) + \ldots + (3 \times 20{,}1)\}^2}{3 \times 3 \times 20}$

   = 0,8405

   b. JKR kuadratik (JKR Q) $= \dfrac{\sum\{(1 \times \Sigma K_1) + \ldots + (1 \times \Sigma K_4)\}^2}{P \times k \times X^2{}_{\text{Kuadratik}}}$

   $= \dfrac{\{(1 \times 16{,}7) + \ldots + (1 \times 20{,}1)\}^2}{3 \times 3 \times 4}$

   = 0,0336

c. JKR kubik (JKR K) $= \dfrac{\sum\{(-1 \text{ x } \Sigma K_1) + ... + (1 \text{ x } \Sigma K_4)\}^2}{\text{P x k x X}^2{}_{\text{Kubik}}}$

$= \dfrac{\{(-1 \text{ x } 16{,}7) + ... + (1 \text{ x } 20{,}1)\}^2}{3 \text{ x } 3 \text{ x } 20}$

= 0,0467

5. JK galat a JKG(a) $= \dfrac{\Sigma X_{i.k}{}^2}{P}$ - FK_2 - JKK - JKr

$= \dfrac{(5{,}3^2 + ... + 6{,}8^2)^2}{3} - 146{,}007 - 0{,}921 - 0{,}019$

= 0,1565

Tabel 19.7. Penolong P

Dosis Limbah Pabrik Gula (g/l)	Blok			Jumlah
	1	2	3	
P_1	7,1	7,6	7,3	22,0
P_2	8,6	8,0	8,2	24,8
P_3	8,8	8,3	8,6	25,7
Jumlah	24,5	23,9	24,1	72,5

6. JK dosis pupuk TSP (JKP) $= \dfrac{\Sigma X_{.j.}{}^2}{\text{K x k}}$ - FK_2

$= \dfrac{(22{,}0^2 + ... + 25{,}7^2)}{4 \text{ x } 3}$ - 146,0069

= 0,6205

Tabel 19.8. Orthogonal Polinomial untuk Interval Perlakuan Sama pada Perlakuan Dosis Pupuk TSP

Trend Regresi	Dosis Pupuk TSP (g/tan.)			Deviasi
	P_1	P_2	P_3	x^2
Linier	-1	0	1	2
Kuadratik	1	-2	1	6
Jumlah	22	24,8	25,7	

7. JK regresi (JKR)

   a. JKR linier (JKR L) $= \dfrac{\sum\{(-1 \text{ x } \Sigma P_1) + \ldots + (1 \text{ x } \Sigma P_3)\}^2}{\text{K x k x X}^2{}_{\text{Linier}}}$

   $= \dfrac{\{(-1 \text{ x } 22) + \ldots + (2 \text{ x } 25{,}7)\}^2}{4 \text{ x } 3 \text{ x } 2}$

   $= 0{,}8704$

   b. JKR kuadratik (JKR Q) $= \dfrac{\sum\{(1 \text{ x } \Sigma P_1) + \ldots + (1 \text{ x } \Sigma P_3)\}^2}{\text{P x k x X}^2{}_{\text{Kuadratik}}}$

   $= \dfrac{\{(1 \text{ x } 22) + \ldots + (1 \text{ x } 25{,}7)\}^2}{4 \text{ x } 3 \text{ x } 6}$

   $= 0{,}0501$

Tabel 19.9. Penolong (KxP)

Jarak Tanam (cm)	Dosis Pupuk TSP (g/tan.)			Jumlah	Rerata
	P_1	P_2	P_3		
K_1	4,8	6,1	5,8	16,7	1,85
K_2	4,6	5,8	6,4	16,8	1,86
K_3	5,9	6,2	6,8	18,9	2,10
K_4	6,7	6,7	6,7	20,1	2,23
Jumlah	22	24,8	25,7	72,5	
Rerata	1,83	2,06	2,14		

8. JK interaksi antara dosis pupuk K& P (JK KxP)

$$= \frac{\Sigma X_{ij.}^{\ 2}}{k} - FK_2 - JKK - JKP$$

$$= \frac{(4{,}8^2 + \ldots + 6{,}7^2)}{3} - 146.0069 - 0.9208 - 0.6205$$

$$= 0{,}3883$$

9. JK galat b JKG(b) = JKt - JKr - JKK - JKG(a) - JKP - JK(KxP)

$$= 3{,}0543 – 0{,}0189 – 0{,}9208 – 0{,}1565 – 0{,}6205 – 0{,}3883$$

$$= 0{,}9491$$

Tahap 3 : Perhitungan derajad bebas (DB)

1. DB total (DBt) = (K x P + C) x k - 1 = (4 x 3 + 1) x 3 - 1 = 38
2. DB blok (DBB) = (k - 1) = 3 - 1 = 2
3. DB kombinasi perlakuan (DBKP) = (K x P + C) - 1 = (4 x 3 + 1) - 1 = 12
4. DB kontrol >< perlakuan (DBQ) = 1

5. DB *main plot* (K) (DBK) = K - 1 = 4 - 1 = 3
6. DB galat (a) (DBG a) = (r - 1) (K + k - 1) = (3 - 1)(4 + 1 - 1) = 8
7. DB *sub plot* (P) (DBP) = P - 1 = 3 - 1 = 2
8. DB interaksi KxP (DB KxP) = (K - 1)(P - 1) = (3 - 1) (4 - 1) = 6
9. DB galat (b) (DBG b) = DBt -DBk -DBQ -DBK -DBG(a) - DBP -DB(KxP)

   = 38 - 2 - 1 - 3 - 8 - 2 - 6

   = 16

Tahap 4 : Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT blok (KTB) = $\frac{\text{JKB}}{\text{DBB}}$ = $\frac{0{,}0188}{2}$ = 0,0094
2. KT Kombinasi Perlakuan (KTKP)= $\frac{\text{JKKP}}{\text{DBKP}}$ = $\frac{2{,}6610}{12}$ = 0,2218
3. KT kontras (KTQ) = $\frac{\text{JKQ}}{\text{DBQ}}$ = $\frac{0{,}7313}{1}$ = 0,7313
4. KT *main plot* (K) (KTK) = $\frac{\text{JKK}}{\text{DBK}}$ = $\frac{0{,}9208}{3}$ = 0,3069
5. KT regresi (KTR) perlakuan jarak tanam:
   a. KTR linier (KTR L) = $\frac{\text{JKK}}{\text{DBR}}$ = $\frac{0{,}8405}{1}$ = 0,8405
   b. KTR kuadratik (KTR Q) = $\frac{\text{JKR Q}}{\text{DBR}}$ = $\frac{0{,}0336}{1}$ = 0,0336

c. KTR kubik (KTR K) = $\frac{\text{JKR K}}{\text{DBR}}$ = $\frac{0,0467}{1}$ = 0,0467

6. KT galat (a) (KTG a) = $\frac{\text{JKG (a)}}{\text{DBG (a)}}$ = $\frac{0,1565}{8}$ = 0,0195

7. KT *sub plot* (P) (KTP) = $\frac{\text{JKP}}{\text{DBP}}$ = $\frac{0,6205}{2}$ = 0,3102

8. KT regresi (KTR) perlakuan dosis pupuk TSP:
   a. KTR linier (KTR L) = $\frac{\text{JKK}}{\text{DBR}}$ = $\frac{0,5704}{1}$ = 0,5704

   b. KTR kuadratik (KTR Q) = $\frac{\text{JKR Q}}{\text{DBR}}$ = $\frac{0,0501}{1}$ = 0,0501

   c. KT interaksi KxP (KT KxP)= $\frac{\text{JK (KxP)}}{\text{DB (KxP)}}$ = $\frac{0,3883}{6}$ = 0,0647

   d. KT Galat b (KTG b) = $\frac{\text{JKG (b)}}{\text{DBG (b)}}$ = $\frac{0,9491}{16}$ = 0,0593

Tahap 5 : Perhitungan F hitung

1. F hitung blok = $\frac{\text{KTB}}{\text{KTG (a)}}$ = $\frac{0,0094}{0,0195}$ = 0,484

2. F hitung KP = $\frac{\text{KTKP}}{\text{KTG (a)}}$ = $\frac{0,2218}{0,0195}$ = 11,374

3. F hitung Q $= \frac{\text{KTQ}}{\text{KTG (a)}} = \frac{0{,}7313}{0{,}0195} = 37{,}363$

4. F hitung *main plot* (K) $= \frac{\text{KTK}}{\text{KTG (a)}} = \frac{0{,}3069}{0{,}0195} = 15{,}682$

5. F hitung regresi untuk jarak tanam:
   a. Linier $= \frac{\text{KTR linier}}{\text{KTG (a)}} = \frac{0{,}8405}{0{,}0195} = 42{,}942$

   b. Kuadratik $= \frac{\text{KTR kuadratik}}{\text{KTG (a)}} = \frac{0{,}0336}{0{,}0195} = 1{,}717$

   c. Kubik $= \frac{\text{KTR kubik}}{\text{KTG (a)}} = \frac{0{,}0467}{0{,}0195} = 2{,}387$

6. F hitung *sub plot* (P) $= \frac{\text{KTP}}{\text{KTG (b)}} = \frac{0{,}3102}{0{,}0593} = 5{,}231$

7. F hitung regresi untuk dosis pupuk TSP:

   a. Linier $= \frac{\text{KTR linier}}{\text{KTG (b)}} = \frac{0{,}5704}{0{,}00593} = 9{,}616$

   b. Kuadratik $= \frac{\text{KTR kuadratik}}{\text{KTG (b)}} = \frac{0{,}0501}{0{,}0593} = 0{,}845$

8. F hitung interaksi KxP $= \frac{\text{KT (KxP)}}{\text{KTG (b)}} = \frac{0{,}0647}{0{,}0593} = 1{,}091$

Tahap 6 : Penyusunan dari Perhitungan ke tabel analisis ragam

Tabel 19.10. Analisis Ragam RPT dalam RALK + 1 Kontrol

Sumber ragam (SR)	Derajad Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F.Hitung	F.tabel 5%
Blok.	2	0,0188	0,0094	0,484 ns	4,46
Komb.Perl.	12	2,6610	-		
Kontr >< Perl.	1	0,7313	0,7313	37,363 *	5,32
Main plot (K)	3	0,9208	0,3069	15,682 *	4,07
Linier	1	0,8405	0,8405	42,942 *	5,32
Kuadratik	1	0,0336	0,0336	1,717 ns	5,32
Kubik	1	0,0467	0,0467	2,387 ns	5,32
Galat (a)	8	0,1565	0,0195		
Sum plot (P)	2	0,6205	0,3102	5,230 *	3,63
Linier	1	0,5704	0,5704	9,616 *	5,99
Kuadratik	1	0,0501	0,0501	0,845 ns	5,99
K x P	6	0,3883	0,0647	1,091 ns	2,74
Galat (b)	16	0,9491	0,0593		
Jumlah	38	3,0543			

Keterangan: ns = Tidak berpengaruh nyata, * = Berpengaruh nyata

Koefisien keragaman (KK) pada split plot ada dua karena ada dua sumber galat yang terjadi pada *main plot* dan pada *sub plot*nya:

1. KK a = $\frac{\sqrt{\text{KTG (a)}}}{\dot{X}}$ x 100% = $\frac{\sqrt{0{,}0195}}{1{,}9743}$ x 100% = 7,085%

2. KK b = $\frac{\sqrt{\text{KTG (b)}}}{\dot{X}}$ x 100% = $\frac{\sqrt{0{,}0593}}{1{,}9743}$ x 100% = 12,335%

Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, baik pada perlakuan jarak tanam atau dosis pupuk TSP dapat digunakan UJBD atau yang lain.

Untuk mendapatkan persamaan regresi linier baik pada perlakuan jarak tanam maupun dosis pupuk TSP, dapat dihitung seperti pada bab sebelumnya.

BAB 20
RANCANGAN PETAK TERBAGI KELOMPOK (RPTK) DALAM RALK

20.1. Model Matematik dan Struktur Data RPTK dalam RALK

Suatu percobaan dengan 2 faktor yaitu A dan B, aras dari kedua faktor disusun dalam bidang-bidang, tidak ditempatkan secara acak dalam setiap petak utama pada *split plot*, maka rancangan semacam ini disebut rancangan *split block* atau rancangan kelompok terbagi.

Dalam rancangan *split block* tidak ditemukan petak utama dan anak petak, hal ini disebabkan karena petak-petak dari setiap faktor secara fisik saling berpotongan, sehingga dalam *split block* yang terbagi adalah kelompok bukan petak.

Split block cocok digunakan untuk percobaan-percobaan, dimana kedua faktor membutuhkan petak-petak yang relatif besar. *Split block* dikerjakan dengan cara pertama kali membagi kelompok-kelompok ke dalam bidang-bidang horizontal untuk menempatkan secara acak faktor pertama, serta kemudian membagi lagi kelompok-kelompok itu ke dalam bidang-bidang vertikal untuk menempatkan faktor kedua secara acak. *Split block* lebih mengutamakan studi interaksi antara 2 faktor A x B.

Model linier dan analisis ragam RPTK dalam RALK:

Model matematika untuk percobaan yang terdiri dari dua faktor (A dan B) dengan menggunakan *split block* dalam RALK sebagai berikut.

$$X_{ijkl} = \mu + r_k + \alpha_i + \gamma_{ik} + \beta_j + \delta_{ik} + (\alpha\beta)_{ij} + \in_{ijk}$$

Keterangan:

$i = 1, ..., a$; $j = 1, ..., b$; $k = 1, ..., r$

X_{ijk} = Data pengamatan pada satuan percobaan ke-k, yang mendapatkan perlakuan ijk (aras ke-i dari faktor A dan aras ke-j dari faktor B, blok ke-k)

μ = Rata-rata yang sesungguhnya.

K_k = Pengaruh aditif dari blok ke-k

Tabel 20.1. Struktur Data RPTK dalam RALK

Perlakuan A	B	Blok 1	2	....	k	....	r	Jumlah	Rerata
1	1	X_{111}	X_{112}	....	X_{11k}	....	X_{11r}	$\Sigma X_{11.}$	$\Sigma X_{11.}/r$
	.								
	j	X_{1j1}	X_{1j2}	....	X_{1jk}	....	X_{1jr}	$\Sigma X_{1j.}$	$\Sigma X_{1j.}/r$
	.								
	q	X_{1q1}	X_{1q2}	....	X_{1qk}	....	X_{1qr}	$\Sigma X_{1q.}$	$\Sigma X_{1q.}/r$
2	1	X_{211}	X_{212}	....	X_{21k}	....	X_{21r}	$\Sigma X_{21.}$	$\Sigma X_{21.}/r$
	.								
	j	X_{2j1}	X_{2j2}	....	X_{2jk}	....	X_{2jr}	$\Sigma X_{2j.}$	$\Sigma X_{2j.}/r$
	.								
	q	X_{2q1}	X_{2q2}	....	X_{2qk}	....	X_{2qr}	$\Sigma X_{2q.}$	$\Sigma X_{2q.}/r$
i	1	X_{i11}	X_{i12}	....	X_{i1k}	....	X_{i1r}	$\Sigma X_{i1.}$	$\Sigma X_{i1.}/r$
	.								
	j	X_{ij1}	X_{ij2}	....	X_{ijk}	....	X_{ijr}	$\Sigma X_{ij.}$	$\Sigma X_{ij.}/r$
	.								
	q	X_{iq1}	X_{iq2}	....	X_{iqk}	....	X_{iqr}	$\Sigma X_{iq.}$	$\Sigma X_{iq.}/r$
p	1	X_{p11}	X_{p12}	....	X_{p1k}	....	X_{p1r}	$\Sigma X_{p1.}$	$\Sigma X_{p1.}/r$
	.								
	j	X_{pj1}	X_{pj2}	....	X_{pjk}	....	X_{pjr}	$\Sigma X_{pj.}$	$\Sigma X_{pj.}/r$
	.								
	q	X_{pq1}	X_{pq2}	....	X_{pqk}	....	X_{pqr}	$\Sigma X_{pq.}$	$\Sigma X_{pq.}/r$
Jumlah		$\Sigma X_{..1}$	$\Sigma X_{..2}$	...	$\Sigma X_{..k}$	....	$\Sigma X_{..r}$	$\Sigma X_{...}$	

Lanjutan keterangan:

α_i = Pengaruh aditif aras ke-i dari faktor A

γ_{ik} = Pengaruh galat yang muncul pada aras ke-i dari faktor A dalam kelompok ke-k, disebut galat (a)

β_j = Pengaruh aditif aras ke-j dari faktor B

δ_{ik} = Pengaruh galat yang muncul pada aras ke-i dari faktor A dalam blok ke-k, sering disebut galat petak utama (galat a)

$(\alpha\beta)_{ij}$= Pengaruh interaksi aras ke-i faktor A dan aras ke-j dari faktor B

r_k = Pengaruh aditif dari blok ke-k

$\in_{ijk}$ = Pengaruh galat pada blok ke-k yang memeperoleh perlakuan aras ke-i faktor A dan aras ke-j faktor B, sering disebut sebagai galat anak petak (galat b).

Asumsi yang mendasar dari model matematik tersebut yaitu galat percobaan harus timbul secara acak, menyebar secara bebas dan normal dengan nilai rerata sama dengan nol dan ragam σ^2, atau dituliskan sebagai γ_{ik} ~ NID (0, σ^2_γ) δ_{ik} ~ NID(0,σ^2_δ dan $\in_{ijk}$ ~ NID(0, $\sigma^2_\in$).

20.2. Analisis Ragam RPTK dalam RALK

Tabel 20.2. Analisis Ragam RPTK dalam RALK

Sumber ragam (SK)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F.hitung	F. tabel 5%
Blok	k-1	JKk	KTk	F hit. R	(DBk; DBG(a))
Horizontal (A)	A-1	JKA	KTA	F hit. A	(DBA; DBG(a))
Galat (a)	(k-1)(A-1)	JKG(a)	KTG(a)		
Vertikal (B)	B-1	JKB	KTB	F hit. B	(DBB; DBG(b))
Galat (b)	(k-1)(B-1)	JKG(b)	KTG(b)		
A X B	(A-1)(B-1)	JK(ab)	KT(AB)	F hit. AB	(DBAB; DBG(c))
Galat (c)	(k-1)(A-1)(B-1)	JKG(c)	KTG(c)		
Jumlah	kab-1	JKt			

Langkah-langkah analisis ragam untuk perlakuan faktorial yang terdiri dari dua faktor dengan menggunakan rancangan *split block* dapat dilihat pada teladan berikut:

20.3. Teladan: RPTK dalam RALK Faktorial 2 x 3

Suatu penelitian berjudul “Pengaruh Dosis Limbah Pabrik Gula dan Urea terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi”. Penelitian ini dilaksanakan di lapangan dengan menggunakan RPTK yang disusun dalam RALK yang terdiri dari dua faktor. Faktor pertama yaitu dosis limbah pabrik gula (dengan simbul B) yang terdiri dari 2 aras yaitu: B_0 = 0 dan B_1 = 3 mg/l. Faktor kedua yaitu dosis pupuk urea (dengan simbul G) yang terdiri dari 2 aras yaitu: G_0 = 0, G_1 = 2 , dan G_3 = 4 g/tanaman.

Kombinasi dari dua faktor diperoleh 2 x 3 = 6 kombinasi perlakuan. Masing-masing kombinasi perlakuan diulang tiga kali, maka diperlukan 2 x 3 x 4 = 24 petak perlakuan. Masing-masing bidang terdiri dari 4 sampel tanaman, sehingga keseluruhan dibutuhkan sebanyak 2 x 3 x 4 x 4 = 96 tanaman. Penelitian ini dilakukan selama 3,5 bulan dan parameter jumlah daun.

Tahap 1 : Penyusunan data dari hasil pengamatan

Tabel 20.3. Data Rerata Jumlah Daun (Helai)

Perlakuan	Blok				Jumlah	Rerata
	1	2	3	4		
B_0G_1	4	3	4	4	15	3,75
B_OG_2	3	4	5	4	16	4,00
B_OG_3	6	6	6	6	24	6,00
B_1G_1	4	6	5	6	21	5,25
B_1G_2	5	7	6	8	26	6,50
B_1G_3	6	8	7	8	29	7,25
Total	28	34	33	36	GT = 131	5,48

Berdasarkan data Tabel 20.3, maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut.

Tahap II : Perhitungan faktor koreksi (FK) dan jumlah kuadrat (JK)

1. Faktor koreksi (FK) $= \dfrac{GT^2}{B \times G \times k} = \dfrac{131^2}{2 \times 3 \times 4} = 715{,}0416$

2. JK total (JKt) $= \sum\sum Y_{ijk}^2 - FK$

$= (4^2 + ... + 8^2) - 715{,}0416$

$= 767 - 715{,}0416$

$= 51{,}9583$

3. JK blok (JKk) $= \dfrac{\Sigma X_{..k}^2}{B \times G} - FK$

$= \dfrac{(28^2 + ... + 36^2)}{2 \times 3} - 715{,}0416$

$= 5{,}7916$

Tabel 20.4. Penolong B

Dosis Limbah Pabrik Gula (g/l)	Blok				Jumlah
	1	2	3	4	
B_1	13	13	15	14	55
B_2	15	21	18	22	76
Jumlah	28	34	33	36	131

3. JK perlakuan B (JKB) $= \dfrac{\Sigma X_{i..}^2}{G \times k} - FK$

$$= \frac{(55^2 + 76^2)}{3 \times 4} - 715{,}0416$$

$$= 18{,}3750$$

4. JK galat (a) (JKG (a)) $= \frac{\Sigma X_{i.k}{}^2}{G}$ - FK - JKB - JKk

$$= \frac{(13^2 + \ldots + 22^2)}{3} - 715{,}0416 - 18{,}3750 - 5{,}7916$$

$$= 5{,}125$$

Tabel 20.5. Penolong G

Dosis Limbah Pabrik Gula (g/l)	Blok				Jumlah
	1	2	3	4	
G_1	8	9	9	10	36
G_2	8	11	11	12	42
G_3	12	14	13	14	53
Jumlah	28	34	33	36	131

5. JJK perlakuan G (JKG) = $\frac{\Sigma X_{.j.}{}^2}{B \times k}$ - FK

$$= \frac{(36^2 + 42^2 + 53^2)}{2 \times 4} - 715{,}0416$$

$$= 18{,}5833$$

6. JK galat (b) (JKG(b)) = $\frac{\Sigma X_{.jk}{}^2}{B}$ - FK - JKG - JKk

$$= \frac{(8^2 + ... + 14^2)}{2} -715,0416 -18,5833 -5,7916$$

$$= 1,0833$$

Tabel 20.6. Penolong (BxG)

Dosis Pupuk K (g/tan)	Dosis Limbah Pabrik (g/tan)			Jumlah	Rerata
	G_1	G_2	G_3		
B_0	15	16	24	55	4,58
B_1	21	26	29	76	6,33
Jumlah	36	42	53	131	
Rerata	4,5	5,25	6,625		

7. JK interaksi antara dosis pupuk B & G (JK BxG)

$$= \frac{\Sigma X_{ij.}{}^2}{k} - FK - JKB - JKG$$

$$= \frac{(15^2 + ... + 29^2)}{3} - 715,0416 – 18,375 – 18,5833$$

$$= 1,75$$

8. JK galat (c) (JKG (c)) = JKt - JKk - JKB - JKG(a) - JKG - JK(b) - JK(BxG)

= 51,9583 – 5,7916 – 18,375 – 5,125 – 18,5833 – 1,0833 – 1,75

= 1,25

Tahap 3 : Perhitungan derajad bebas (DB)

1. DB total (DBt) = (B x G x k) - 1 = (2 x 3 x 4) - 1 = 23
2. DB blok (DBk) = (k - 1) = 4 - 1 = 3
3. DB faktor horizontal (B) (DBB) = B - 1 = 2 - 1 = 1
4. DB galat (a) (DBG a) = (r - 1)(B - 1) = (4 - 1)(2 - 1) = 3
5. DB vertikal (G) (DBG) = G - 1 = 3 - 1 = 2
6. DB galat (b) (DBG b) = (k - 1)(G - 1) = (4 - 1)(3 - 1) = 6
7. DB interaksi BxG (DB BxG) = (B - 1)(G - 1) = (2 - 1)(3 - 1) = 2
8. DB galat(c)(DBG c) = DBt-DBk-DBB -DBG(a) -DBG -DBG (b) - DB(PxD)

   = 23 - 3 - 1 - 3 - 2 - 6 - 2

   = 6

Tahap 4 : Perhitungan kuadrat tengah (KT)

1. KT blok (KTk) $= \frac{\text{JKk}}{\text{DBk}} = \frac{5{,}7916}{3} = 1{,}9305$
2. KT horizontal (B) (KTB) $= \frac{\text{JKB}}{\text{DBB}} = \frac{18{,}3750}{1} = 18{,}3750$
3. KT galat (a) (KTG a) $= \frac{\text{JKG (a)}}{\text{DBG (a)}} = \frac{5{,}1250}{3} = 1{,}7083$

4. KT vertikal (G) (KTG) = $\frac{\text{JKG}}{\text{DBG}} = \frac{18{,}5833}{2} =$ 9,2916

5. KT galat (b) (KTG b) = $\frac{\text{JKG (b)}}{\text{DBG (b)}} = \frac{1{,}0833}{6} =$ 0,1805

6. KT Interaksi BxG (KT PxD) = $\frac{\text{JK (BxG)}}{\text{DB (BxG)}} = \frac{1{,}7500}{2} =$ 1,7500

7. KT Galat (c) (KTG (c)) = $\frac{\text{JKG (c)}}{\text{DBG (c)}} = \frac{1{,}2500}{6} =$ 0,2083

Tahap 5 : Perhitungan F hitung

1. F hitung blok = $\frac{\text{KTk}}{\text{KTG (a)}} = \frac{1{,}9305}{1{,}7083} =$ 1,130

2. F hit. faktor horizontal (B) = $\frac{\text{KTB}}{\text{KTG (a)}} = \frac{18{,}3750}{1{,}7083} =$ 10,756

3. F hitung faktor vertikal (G) = $\frac{\text{KTG}}{\text{KTG (b)}} = \frac{9{,}2916}{0{,}1805} =$ 51,461

4. F hitung interaksi BxG = $\frac{\text{KT (BxG)}}{\text{KTG (c)}} = \frac{0{,}8750}{0{,}2083} =$ 4,2000

Tahap 6 : Penyusunan dari hasil perhitungan ke tabel analisis ragam

Tabel 20.7. Analisis Ragam pada RPTK dalam RALK

Sumber ragam (SK)	Derajad bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F. hitung	F. tabel 5%
Blok	3	5,7916	1,9305	1,130 ns	9,28
Horizontal (B)	1	18,3750	18,3750	10,756 *	10,13
Galat (a)	3	5,1250	1,7083		
Vertikal (G)	2	18,5833	9,2916	51,461 *	5,14
Galat (b)	6	1,0833	0,1805		
B x G	2	1,7500	0,8750	4,200 ns	5,14
Galat (c)	6	1,2500	0,2083		
Jumlah	23	51,9583			

Keterangan: ns = Tidak berpengaruh nyata, * = Berpengaruh nyata

Kesimpulan:

- F hitung perlakuan B sebesar 10,756 > F tabel 5% DB (1 ; 3) yaitu 10,13 sehingga antar perlakuan Bo dan B1 berbeda nyata.
- Dan F hitung perlakuan G sebesar 51,461 > F tabel 5% DB (2 ; 6) yaitu 5,14 sehingga antar perlakuan G minimal ada salah satu yang berbeda sehingga antar perlakuan G minimal ada salah satu yang berbeda nyata.
- Pengaruh blok dan interaksi tidak nyata karena F hitung < F tabelnya masing-masing.

Koefisien keragaman (KK) pada *strip plot* ada tiga yaitu:

1. KK (a) = $\frac{\sqrt{\mathrm{KTG\ (a)}}}{\dot{\mathrm{X}}}$ x 100% = $\frac{\sqrt{1,7083}}{5,48}$ x 100% = 23,85%
2. KK (b) = $\frac{\sqrt{\mathrm{KTG\ (b)}}}{\dot{\mathrm{X}}}$ x 100% = $\frac{\sqrt{0,1805}}{5,48}$ x 100% = 7,75%
3. KK (c) = $\frac{\sqrt{\mathrm{KTG\ (b)}}}{\dot{\mathrm{X}}}$ x 100% = $\frac{\sqrt{0,2083}}{5,48}$ x 100% = 8,33%

Dari tiga sumber galat menunjukkan bahwa pada perlakuan B (horizontal) galat yang terjadi lebih tinggi dengan koefisien keragaman 13,82% lebih tinggi dibanding yang terjadi pada galat b maupun galat c.

Tahap 7 : Pengujian terhadap perlakuan yang berbeda nyata

Uji BNT 5% pada faktor horizontal (B)

$$\text{BNT 5\%} = 3{,}182 \text{ x } \sqrt{\frac{2 \text{ x } 1{,}7083}{3 \text{ x } 4}}$$

$$= 1{,}698$$

Uji perbedaan antara B_0 pada B_1

$|B_O - B_1| = |4{,}583 - 6{,}333| = 1{,}750 > \text{BNT 5\%} = 1{,}698$

Kesimpulan :

Ada beda nyata antara rerata perlakuan B_O dan B_1

Uji BNT 5% pada faktor vertikal (G)

$$\text{BNT 5\%} = 2{,}447 \text{ x } \sqrt{\frac{2 \text{ x } 0{,}1805}{2 \text{ x } 4}}$$

$$= 0{,}520$$

Uji perbedaan antara G_1 pada G_2

$|G_1 - G_2| = |4{,}500 - 5{,}250| = 0{,}750 > \text{BNT 5\%} = 0{,}520$

Kesimpulan :

Ada beda nyata antara rerata perlakuan G_1 dan G_2

Uji perbedaan antara G_1 pada G_3

$|G_1 - G_3| = |4{,}500 - 6{,}625| = 2{,}125 > \text{BNT 5\%} = 0{,}520$

Kesimpulan :

Ada beda nyata antara rerata perlakuan G_1 dan G_3

Uji perbedaan antara G_2 pada G_3

$|G_2 - G_3| = |5,250 - 6,625| = 1,375 > \text{BNT } 5\% = 0,520$

Kesimpulan :

Ada beda nyata antara rerata perlakuan G_2 dan G_3

Berdasarkan uji beda nyata terkecil (BNT), maka dapat dijelaskan pengaruh dosis limbah pabrik gula dan urea terhadap jumlah daun sawi, dapat dilihat pada Tabel 20.8 berikut.

Tabel 20.8. Pengaruh Dosis Limbah Pabrik Gula dan Urea terhadap Jumlah Daun Tanaman Sawi

Dosis Limbah Pabrik Gula (g/tan.)	Dosis Urea (g/tan.)			Rerata
	G_1	G_2	G_3	
B_0	3,75	4,00	6,00	4,58 b
B_1	5,25	6,50	7,25	6,33 a
Rerata	4,50 c	5,25 b	6,625 a	(-)

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf sama baik pada kolom maupun baris menunjukkan tidak ada beda nyata antar perlakuan berdasarkan uji beda nyata terkecil (BNT) pada jenjang nyata 5%. BNT 5% (B) = 1,698, BNT 5% (G) = 0,520. Tanda (-) : Tidak terjadi interaksi nyata

Berdasarkan Tabel 20.8 di atas menunjukkan bahwa antar perlakuan B_O dan B_1 berbeda nyata. Perlakuan B_1 dapat meningkatkan jumlah daun tanaman sawi. Antar perlakuan G ada beda nyata. Perlakuan G_3 menghasilkan jumlah daun tanaman sawi yang tertinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 1986. *Tabel Statistik Pertanian*. Laboratorium Statistik Pertanian Departemen Agronomi, Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Prajitno, D. ?. *Analisa Regresi dan Korelasi untuk Penelitian Pertanian*. Liberty. Yogyakarta.

Nazir, M. 1988. *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia. Jakarta, 622 hal.

Gaspersz, V. 1991. *Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan*. Jilid I. Tarsito. Bandung. 623 hal.

Gaspersz, V. 1992. *Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan*. Jilid II. Tarsito. Bandung. 719 hal.

Gomez, K. A. and A. A. Gomez. 1983. *Statistical Procedures for Agricultural Research*. John Wiley & Sons. Los Banos, Philippines. p. 678.

Soemartono. 1985. *Rancangan Percobaan 1*. Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Luas Daerah di Bawah Kurva Normal Standard (dari Sumbu Simentri sampai b)

Luas distribusi normal standar memberikan luas di bawah kurva dari 0 sampai suatu bilangan positif b atau P (0 < z < b)

B	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1722	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	054.24	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4987	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990
3.1	0.4990	0.4991	0.4991	0.4991	0.4992	0.4992	0.4992	0.4992	0.4993	0.4993
3.2	0.4993	0.4993	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4995	0.4995	0.4995
3.3	0.4995	0.4995	0.4995	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4997
3.4	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4998
3.6	0.4998	0.4998	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999
3.9	0.5000									

Lampiran 2. Distribusi T pada α% untuk Uji 1 dan 2 Ekor

Angka-angka dalam tabel menunjukkan luas atau probabilitas P [t > t (DB ; α)] = α dimana t berdistribusi t dengan derajat bebas DB.

Derajad Bebas (DB)	Jenjang nyata (α) untuk uji satu ekor												
	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.010	0.005	0.0005
	Jenjang nyata (α) untuk uji dua ekor												
	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001
1	.158	.325	.510	.727	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	.142	.289	.445	.617	.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	.137	.277	.424	.584	.765	.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.924
4	.134	.271	.414	.569	.741	.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	.132	.267	.408	.559	.727	.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.869
6	.131	.265	.404	.553	.718	.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	.130	.263	.402	.549	.711	.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.408
8	.130	.262	.399	.546	.706	.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	.129	.261	.398	.543	.706	.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	.129	.260	.397	.542	.700	.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	.129	.260	.396	.540	.697	.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	.128	.259	.395	.539	.695	.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	.128	.259	.394	.538	.694	.870	1.079	1.350	1.711	2.160	2.650	3.012	4.221
14	.128	.258	.393	.537	.692	.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	.128	.258	.393	.536	.691	.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	.128	.258	.392	.535	.690	.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	.128	.257	.392	.534	.689	.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	.127	.257	.392	.534	.688	.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	.127	.257	.391	.533	.688	.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	.127	.257	.391	.533	.687	.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	.127	.257	.391	.532	.686	.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	.127	.256	.390	.532	.686	.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	.127	.256	.390	.532	.685	.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
24	.127	.256	.390	.531	.685	.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	.127	.256	.390	.531	.684	.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	.127	.256	.390	.531	.684	.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	.127	.256	.389	.531	.684	.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	.127	.256	.389	.530	.683	.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	.127	.256	.389	.530	.683	.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	.127	.256	.389	.530	.683	.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
40	.126	.255	.388	.529	.681	.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
60	.126	.254	.387	.527	.679	.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
120	.126	.254	.386	.526	.677	.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373
≈	.126	.253	.385	.524	.674	.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291

Lampiran 3. Distribusi X^2 pada α%

Angka-angka dalam tabel menunjukkan luas atau probabilitas P [$X^2 > X^2$ (DB ; α)] = α dimana χ^2 berdistribusi Khi-kuadrat dengan derajat bebas DB

Derajad bebas (DB)	Jenjang nyata (α)													
	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.50	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001
1	$.0^3157$	$.0^3628$	.00393	.0158	.0642	.148	455	1.074	1.642	2.706	3.841	5.412	6.635	10.827
2	.0201	.0404	.103	.211	.446	.713	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.827
3	.115	.185	.352	.584	1.005	1.424	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	.297	.429	.711	1.064	1.649	2.195	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	.554	.752	1.145	1.610	2.343	3.000	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	.872	1.134	1.635	2.204	3.070	3.828	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	1.239	1.564	2.167	2.833	3.822	4.671	6.346	8.383	9.803	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	1.646	2.032	2.733	3.490	4.594	5.527	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	2.088	2.532	3.325	4.168	5.380	6.393	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877
10	2.558	3.059	3.940	4.865	6.179	7.267	9.342	11.781	13.442	15.987	18.307	21.161	23.209	29.588
11	3.053	3.609	4.575	5.578	6.989	8.148	10.341	12.899	14.631	17.275	19.675	22.618	24.725	31.264
12	3.571	4.178	5.226	6.304	7.807	9.034	11.340	14.011	15.812	18.549	21.026	24.054	26.217	32.909
13	4.107	5.765	5.892	7.042	8.634	9.926	12.340	15.119	16.985	19.812	22.362	25.472	27.688	34.528
14	4.660	5.368	6.571	7.790	9.467	10.821	13.339	16.222	18.151	21.064	23.685	26.873	29.141	36.123
15	5.229	5.985	7.261	8.547	10.307	11.721	14.339	17.322	19.311	22.307	24.996	28.259	30.578	37.697
16	5.812	6.614	7.962	9.312	11.152	12.624	15.338	18.418	20.465	23.542	26.296	29.633	32.000	39.252
17	6.408	7.255	8.672	10.085	12.002	13.531	16.338	19.511	21.615	24.769	27.587	30.995	33.409	40.790
18	7.015	7.906	9.390	10.865	12.857	14.440	17.338	20.601	22.760	25.989	28.869	32.346	34.805	42.312
19	7.633	8.567	10.117	11.651	13.716	15.352	18.338	21.689	23.900	27.204	30.144	33.687	36.191	43.820
20	8.260	9.237	10.851	12.443	14.578	16.266	19.337	22.775	25.038	28.412	31.410	35.020	37.566	45.315
21	8.897	9.915	11.591	13.240	15.445	17.182	20.337	23.858	26.171	29.615	32.671	36.343	38.932	46.797
22	9.542	10.600	12.338	14.041	16.314	18.101	21.337	24.939	27.301	30.813	33.924	37.659	40.289	48.268
23	10.196	11.293	13.091	14.848	17.187	19.021	22.337	26.018	28.429	32.02	35.172	38.968	41.638	49.728
24	10.856	11.992	13.848	15.659	18.062	19.943	23.337	27.096	29.553	33.196	36.415	40.270	42.980	51.179
25	11.524	12.697	14.611	16.473	18.940	20.867	24.337	28.172	30.675	34.382	37.652	41.566	44.314	52.620
26	12.198	13.409	15.379	17.292	19.820	21.792	25.336	29.246	31.795	35.563	38.885	42.856	45.642	54.052
27	12.879	14.125	16.151	18.114	20.703	22.719	26.336	30.319	32.912	36.741	40.113	44.140	46.963	55.476
28	13.565	14.847	16.928	18.939	21.588	23.647	27.336	31.391	34.027	37.916	41.337	45.419	48.278	56.893
29	14.256	15.574	17.708	19.768	22.475	24.577	28.336	32.461	35.139	39.087	42.557	46.693	49.588	58.302
30	14.953	16.306	18.493	20.599	23.364	25.508	29.336	33.530	36.250	40.256	43.773	47.962	50.892	59.703
32	16.362	17.783	20.072	22.271	25.148	27.373	31.336	35.665	38.466	42.585	46.194	50.487	53.486	62.487
34	17.789	19.275	21.664	23.952	26.938	29.242	33.336	37.795	40.676	44.903	48.602	52.995	56.061	63.247
36	19.233	20.783	23.269	25.643	28.735	31.115	35.336	39.922	42.879	47.212	50.999	55.489	58.619	67.985
38	20.691	22.304	24.884	27.343	30.537	32.992	37.335	42.045	45.076	49.513	53.384	57.969	61.162	70.703
40	22.164	23.838	26.509	29.051	32.345	34.872	39.335	44.165	47.269	51.805	55.759	60.436	63.691	73.402
42	23.650	25.383	28.144	30.765	34.157	36.755	41.335	46.282	49.456	54.090	58.124	62.892	66.206	76.084
44	25.148	26.939	29.787	32.487	35.974	38.641	43.335	48.396	51.639	56.369	60.481	65.337	68.710	78.750
46	26.657	28.504	31.439	34.215	37.795	40.529	45.335	50.507	53.818	58.641	62.830	67.771	71.201	81.400
48	28.177	30.080	33.098	35.949	39.621	42.420	47.335	52.616	55.993	60.907	65.171	70.197	73.683	84.037
50	29.707	31.664	34.764	37.689	41.449	44.313	49.335	54.723	58.164	63.167	67.505	72.613	76.154	86.661
52	31.246	33.256	36.437	39.433	43.281	46.209	51.335	56.827	60.332	65.422	69.832	75.021	78.616	80.272
54	32.793	34.856	38.116	41.183	45.117	48.106	53.335	58.930	62.496	67.673	72.153	77.422	81.069	91.872
56	34.350	36.464	39.801	42.937	46.955	50.005	55.335	61.031	64.658	69.919	74.468	79.815	83.513	94.461
58	35.913	38.078	41.492	44.696	48.797	51.906	57.335	63.129	66.816	72.160	76.778	82.201	85.950	97.039
60	37.485	39.699	43.188	46.459	50.641	53.809	59.335	65.227	68.972	74.397	79.082	84.580	88.379	99.607
62	39.063	41.327	44.889	48.226	52.487	55.714	61.335	67.322	71.125	76.630	81.381	86.953	90.802	102.166
66	42.240	44.599	48.305	51.770	56.188	59.527	65.335	71.508	75.424	81.085	85.965	91.681	95.626	107.258
70	45.442	47.893	51.739	55.329	59.898	63.346	69.334	75.689	79.715	85.527	90.531	96.388	100.425	112.317

Lampiran 4. Koefisien Orthogonal Polinomial untuk Interval Perlakuan Sama

Aras Perlakuan	Derajad polinomial	Perlakuan T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	Jumlah Kuadrat koefisien
3	Linier	-1	0	+1				2
	Kuadratik	+1	-2	+1				6
4	Linier	-3	-1	+1	+3			20
	Kuadratik	+1	-1	-1	+1			4
	Kubik	-1	+3	-3	+1			20
5	Linier	-2	-1	0	+1	+2		10
	Kuadratik	+2	-1	-2	-1	+2		14
	Kubik	-1	+2	0	-2	+1		10
	Kuartik	+1	-4	+6	-4	+1		70
6	Linier	-5	-3	-1	+1	+3	+5	70
	Kuadratik	+5	-1	-4	-4	-1	+5	84
	Kubik	-5	+7	+4	-4	-7	+5	180
	Kuartik	+1	-3	+2	-2	-3	+1	28
	Kuintik	-1	+5	-10	+10	-5	+1	252

Lampiran 5. Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) pada α = 5% dan α = 1%

Derajad Bebas		Jumlah perlakuan yang diuji									
DB	α	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
1	5%	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
	1%	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
2	5%	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09
	1%	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
3	5%	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
	1%	8.26	8.50	8.60	8.70	8.80	8.90	8.90	9.00	9.00	9.00
4	5%	3.93	4.01	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02
	1%	6.51	6.80	6.90	7.00	7.10	7.10	7.20	7.20	7.30	7.30
5	5%	3.64	3.74	3.79	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83
	1%	5.70	5.96	6.11	6.18	6.26	6.33	6.40	6.44	6.50	6.60
6	5%	3.46	3.58	3.64	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68
	1%	5.24	5.51	5.65	5.73	5.81	5.88	5.95	6.00	6.00	6.10
7	5%	3.35	3.47	3.54	3.58	3.60	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61
	1%	4.95	5.22	5.37	5.45	5.53	5.61	5.69	5.73	5.80	5.80
8	5%	3.26	3.39	3.47	3.52	3.55	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56
	1%	4.74	5.00	5.14	5.23	5.32	5.40	5.47	5.51	5.50	5.60
9	5%	3.20	3.34	3.41	3.47	3.50	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52
	1%	4.60	4.86	4.99	5.08	5.17	5.25	5.32	5.36	5.40	5.50
10	5%	3.15	3.30	3.37	3.43	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47
	1%	4.18	4.73	4.88	4.96	5.06	5.13	5.20	5.24	5.28	5.36
11	5%	3.11	3.27	3.35	3.39	3.43	3.44	3.45	3.46	4.46	3.46
	1%	4.39	4.63	4.77	4.86	4.94	5.01	5.06	5.12	5.15	5.24
12	5%	3.08	3.23	3.33	3.36	3.40	3.42	3.44	3.44	3.46	3.46
	1%	4.32	4.55	4.68	4.76	4.81	4.92	4.96	5.02	5.07	5.13
13	5%	3.06	3.21	3.30	3.35	3.38	3.41	3.42	3.44	3.45	3.45
	1%	4.26	4.48	4.62	4.69	4.74	4.84	4.88	4.94	4.98	5.04
14	5%	3.03	3.18	3.27	3.33	3.37	3.39	3.41	3.42	3.44	3.45
	1%	4.21	4.42	4.55	4.63	4.70	4.78	4.83	4.87	4.91	4.96
15	5%	3.01	3.16	3.25	3.31	3.36	3.38	3.40	3.42	3.43	3.44
	1%	4.17	4.37	4.50	4.58	4.64	4.72	4.77	4.81	4.84	4.90
16	5%	3.00	3.15	3.23	3.30	3.34	3.37	3.39	3.41	3.43	3.44
	1%	4.13	4.34	4.45	4.54	4.60	4.67	4.72	4.76	4.79	4.84
17	5%	2.98	3.13	3.22	3.28	3.33	3.36	3.38	3.40	3.42	3.44
	1%	4.10	4.30	4.41	4.50	4.56	4.63	4.68	4.72	4.75	4.80

Lanjutan: Lampiran 5

18	5%	2.97	3.12	3.21	3.27	3.32	3.35	3.37	3.39	3.41	3.43
	1%	4.07	4.27	4.38	4.46	4.53	4.59	4.64	4.68	4.71	4.76
19	5%	2.96	3.11	3.19	3.26	3.31	3.35	3.37	3.39	3.41	3.43
	1%	4.05	4.24	4.35	4.43	4.50	4.56	4.61	4.64	4.67	4.72
20	5%	2.95	3.10	3.18	3.25	3.30	3.34	3.36	3.38	3.40	3.43
	1%	4.02	4.22	4.33	4.40	4.47	4.53	4.58	4.61	4.65	4.69
22	5%	2.93	3.08	3.17	3.24	3.29	3.32	3.35	3.37	3.39	3.42
	1%	3.99	4.17	4.28	4.36	4.42	4.48	4.53	4.57	4.60	4.65
24	5%	2.92	3.07	3.15	3.22	3.28	3.31	3.34	3.37	3.38	3.41
	1%	3.96	4.14	4.24	4.33	4.39	4.44	4.49	4.53	4.57	4.62
26	5%	2.91	3.06	3.14	3.21	3.27	3.30	3.31	3.36	3.38	3.41
	1%	3.93	4.11	4.21	4.30	4.36	4.41	4.46	4.50	4.53	4.58
28	5%	2.90	3.01	3.13	3.20	5.26	3.30	3.33	3.35	3.37	3.40
	1%	3.91	4.08	4.18	4.28	4.34	4.39	4.43	4.47	4.51	4.56
30	5%	2.89	3.04	3.12	3.20	3.25	3.29	3.32	3.35	3.37	3.40
	1%	3.89	4.06	4.16	4.22	4.32	4.36	4.41	4.45	4.48	4.54
40	5%	2.86	3.01	3.10	3.17	3.22	3.27	3.30	3.33	3.35	3.39
	1%	3.82	3.99	4.10	4.17	4.24	4.30	4.34	4.37	4.41	4.46
60	5%	2.83	2.98	3.08	3.14	3.20	3.24	3.28	3.31	3.33	3.37
	1%	3.76	3.92	4.03	4.12	4.17	4.23	4.27	4.31	4.34	4.39
100	5%	2.80	2.95	3.05	3.12	3.18	3.22	3.26	3.29	3.32	3.36
	1%	3.71	3.86	3.98	4.06	4.11	4.17	4.21	4.25	4.29	4.35
~	5%	2.77	2.92	3.02	3.09	3.15	3.19	3.23	3.26	3.29	3.34
	1%	3.61	3.80	3.90	3.98	4.01	4.09	4.14	4.17	4.20	4.26

Lampiran 6. Nilai Tukey pada α = 5% untuk Semua Pasangan Perbanding-an

Derajad Bebas	Jumlah perlakuan yang diuji								
DB	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	2.57	3.25	3.69	4.01	4.26	4.48	4.65	4.81	4.94
6	2.45	3.07	3.46	3.75	3.98	4.16	4.35	4.47	4.59
7	2.36	2.94	3.32	3.58	3.79	3.97	4.12	4.24	4.36
8	2.31	2.86	3.20	3.46	3.66	3.82	3.96	4.08	4.19
9	2.26	2.79	3.13	3.37	3.55	3.71	3.84	3.96	4.06
10	2.23	2.74	3.06	3.29	3.47	3.62	3.75	3.86	3.95
11	2.20	2.70	3.01	3.23	3.41	3.53	3.68	3.78	3.88
12	2.18	2.67	2.97	3.10	3.36	3.50	3.62	3.73	3.82
13	2.16	2.64	2.93	3.15	3.32	3.45	3.57	3.67	3.76
14	2.14	2.62	2.91	3.12	3.28	3.42	3.53	3.63	3.71
15	2.13	2.60	2.88	3.09	3.25	3.38	3.49	3.59	3.68
16	2.12	2.58	2.86	3.06	3.22	3.35	3.46	3.56	3.64
17	2.11	2.57	2.84	3.04	3.20	3.33	3.44	3.53	3.61
18	2.10	2.55	2.83	3.03	3.17	3.30	3.41	3.51	3.59
19	2.09	2.54	2.81	3.01	3.16	3.29	3.39	3.48	3.56
20	2.09	2.51	2.80	2.99	3.15	3.27	3.37	3.46	3.54
24	2.06	2.50	2.76	2.95	3.09	3.21	3.31	3.40	3.48
30	2.04	2.47	2.72	2.90	3.04	3.15	3.25	3.34	3.42
40	2.02	2.43	2.68	2.86	2.99	3.10	3.20	3.27	3.35
60	2.00	2.40	2.64	2.81	2.94	3.05	3.14	3.22	3.29
120	1.98	2.38	2.61	2.77	2.90	3.00	3.08	3.17	3.22
~	1.96	2.34	2.57	2.73	2.85	2.95	3.03	3.10	3.16

Lampiran 7. Transformasi Data dalam Arc. Sin Sqrt (%)

Persen	Angka decimal									
(%)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.0	0	0.57	0.81	0.99	1.15	1.28	1.40	1.52	1.62	1.72
0.1	1.81	1.90	1.99	2.07	2.14	2.22	2.29	2.36	2.43	2.50
0.2	2.56	2.63	2.69	2.75	2.81	2.77	2.92	2.98	3.03	3.09
0.3	3.14	3.19	3.24	3.29	3.34	3.39	3.44	3.49	3.53	3.58
0.4	3.63	3.67	3.72	3.76	3.80	3.85	3.89	3.93	3.97	4.01
0.5	4.05	4.09	4.13	4.17	4.21	4.25	4.29	4.33	4.37	4.40
0.6	4.44	4.48	4.52	4.55	4.59	4.62	4.66	4.69	4.73	4.76
0.7	4.80	4.83	4.87	4.90	4.93	4.97	5.00	5.03	5.07	5.10
0.8	5.13	5.16	5.20	5.23	5.26	5.29	5.32	5.35	5.38	5.41
0.9	5.44	5.47	5.50	5.53	5.56	5.59	5.62	5.65	5.68	5.71
1	5.74	6.02	6.29	6.55	6.80	7.04	7.27	7.49	7.71	7.92
2	8.13	8.33	8.53	8.72	8.91	9.10	9.28	9.46	9.63	9.81
3	9.98	10.14	10.31	10.47	10.63	10.78	10.94	11.09	11.24	11.39
4	11.54	11.68	11.83	11.97	12.11	12.25	12.39	12.52	12.66	12.79
5	12.92	13.05	13.18	13.31	13.44	13.56	13.69	13.81	13.94	14.06
6	14.18	14.30	14.42	14.54	14.65	14.77	14.89	15.00	15.12	15.23
7	15.34	15.45	15.56	15.68	15.79	15.89	16.00	16.11	16.22	16.32
8	16.43	16.54	16.64	16.74	16.85	16.95	17.05	17.16	17.26	17.36
9	17.46	17.56	17.66	17.76	17.85	17.95	18.05	18.15	18.24	18.34
10	18.44	18.53	18.63	18.72	18.81	18.91	19.00	19.09	19.19	19.28
11	19.37	19.46	19.55	19.64	19.73	19.82	19.91	20.00	20.09	20.18
12	20.27	20.36	20.44	20.53	20.62	20.70	20.79	20.88	20.96	21.05
13	21.13	21.22	21.30	21.39	21.47	21.56	21.64	21.72	21.81	21.89
14	21.97	22.06	22.14	22.22	22.30	22.38	22.46	22.55	22.63	22.71
15	22.79	22.87	22.95	23.03	23.11	23.19	23.26	23.34	23.42	23.50
16	23.58	23.66	23.73	23.81	23.89	23.97	24.04	24.12	24.20	24.27
17	24.35	24.43	24.50	24.58	24.65	24.73	24.80	24.88	24.95	25.03
18	25.10	25.18	25.25	25.33	25.40	25.48	25.55	25.62	25.70	25.77
19	25.84	25.92	25.99	26.06	26.13	26.21	26.28	26.35	26.42	26.49
20	26.56	26.64	26.71	26.78	26.85	26.97	26.99	27.06	27.13	27.20
21	27.28	27.35	27.42	27.49	27.56	27.63	27.69	27.76	27.83	27.90
22	27.97	28.04	28.11	28.18	28.25	28.32	28.38	28.45	28.52	28.59
23	28.66	28.73	28.79	28.86	28.93	29.00	29.06	29.13	29.20	29.27
24	29.33	29.40	29.47	29.53	29.60	29.67	29.73	29.80	29.87	29.93
25	30.00	30.07	30.13	30.20	30.26	30.33	30.40	30.46	30.53	30.59
26	30.66	30.72	30.79	30.85	30.92	30.98	31.05	31.11	31.18	31.24
27	31.31	31.37	31.44	31.50	31.56	31.63	31.69	31.76	31.82	31.88
28	31.95	32.01	32.08	32.14	32.20	32.27	32.33	32.39	32.46	32.52
29	32.58	32.65	32.71	32.77	32.83	32.90	32.96	33.02	33.09	33.15
30	33.21	33.27	33.34	33.40	33.46	33.52	33.58	33.65	33.71	33.77
31	33.83	33.89	33.96	34.02	34.08	34.14	34.20	34.27	34.33	34.39
32	34.45	34.51	34.57	34.63	34.70	34.76	34.82	34.88	34.94	35.00
33	35.06	35.12	35.18	35.24	35.30	35.37	35.43	35.49	35.55	35.61

Lanjutan: Lampiran 7

34	35.67	35.73	35.79	35.85	35.91	35.97	36.03	36.09	36.15	36.21
35	36.27	36.33	36.39	36.45	36.51	36.57	36.63	36.69	36.75	36.81
36	36.87	36.93	36.99	37.05	37.11	37.17	37.23	37.29	37.35	37.41
37	37.47	35.52	37.58	37.64	37.70	37.76	37.82	37.88	37.94	38.00
38	38.06	38.12	38.17	38.23	38.29	38.35	38.41	38.47	38.53	38.59
39	38.65	38.72	38.76	38.82	38.88	38.94	39.00	39.06	39.11	39.17
40	39.23	39.29	39.25	39.41	39.47	39.52	39.58	39.64	39.70	39.76
41	39.82	39.87	39.93	39.99	40.05	40.11	40.16	40.22	40.28	40.34
42	40.40	40.46	40.51	40.57	40.63	40.69	40.74	40.80	40.86	40.92
43	40.98	41.01	41.09	41.15	41.21	41.27	41.32	41.38	41.44	41.50
44	41.35	41.61	41.67	41.73	41.78	41.84	41.90	41.96	42.02	42.07
45	42.13	42.19	42.25	42.30	42.36	42.42	42.48	42.53	42.59	42.65
46	42.71	42.76	42.82	42.88	42.94	42.99	43.05	43.11	43.17	43.22
47	43.28	43.34	43.39	43.45	43.51	43.57	43.62	43.68	43.74	43.80
48	43.85	43.91	43.97	44.03	44.08	44.14	44.20	44.25	44.31	44.37
49	44.43	44.38	44.54	44.60	44.66	44.71	44.77	44.83	44.89	44.94
50	45.00	45.06	45.11	45.17	45.23	45.29	45.34	45.40	45.46	45.52
51	45.57	45.63	45.69	45.75	45.80	45.86	45.92	45.97	46.03	46.09
52	46.15	46.20	46.26	46.32	46.38	46.43	46.49	46.55	46.61	46.66
53	46.72	46.78	46.83	46.89	46.95	47.01	47.06	47.12	47.18	47.24
54	47.29	47.35	47.41	47.47	47.52	47.58	47.64	47.70	47.75	47.81
55	47.87	47.93	47.98	48.04	48.10	48.16	48.22	48.27	48.33	48.39
56	48.45	48.50	48.56	48.62	48.68	48.73	48.79	48.85	48.91	48.97
57	49.02	49.08	49.14	49.20	49.26	49.31	49.37	49.43	49.49	49.54
58	49.60	49.66	49.72	49.78	49.84	49.89	49.95	50.01	50.07	50.13
59	50.18	50.24	50.30	50.36	50.42	50.48	50.53	50.59	50.65	50.71
60	50.77	50.83	50.89	50.94	51.00	51.06	51.12	51.18	51.24	51.30
61	51.35	51.41	51.47	51.53	51.59	51.65	51.71	51.77	51.83	51.88
62	51.94	52.00	52.06	52.12	52.18	52.24	52.30	52.36	52.42	52.48
63	52.53	52.59	52.65	52.71	52.77	52.83	52.89	52.95	53.01	53.07
64	53.13	53.19	53.25	53.31	53.37	53.43	53.49	53.55	53.61	53.67
65	53.73	53.79	53.85	53.91	53.97	54.03	54.09	54.15	54.21	54.27
66	54.33	54.39	54.45	54.51	54.57	54.63	54.70	54.76	54.82	54.88
67	54.94	55.00	55.06	55.12	55.18	55.24	55.30	55.37	55.43	55.49
68	55.55	55.61	55.67	55.73	55.80	55.86	55.92	55.98	56.04	56.11
69	56.17	56.23	56.29	56.35	56.42	56.48	56.54	56.60	56.66	56.73
70	56.79	56.85	56.91	56.98	57.04	57.10	57.17	57.23	57.29	57.35
71	57.42	57.48	57.54	57.61	57.67	57.73	57.80	57.86	57.92	57.99
72	58.05	58.12	58.18	58.24	58.31	58.37	58.44	58.50	58.56	58.63
73	58.69	58.76	58.82	58.89	58.95	59.02	59.08	59.15	59.21	59.28
74	59.34	59.41	59.47	59.54	59.60	59.67	59.74	59.80	59.87	59.93
75	60.00	60.07	60.13	60.20	60.27	60.33	64.40	60.47	60.53	60.60
76	60.67	60.73	60.80	60.87	60.94	61.00	61.07	61.14	61.21	61.27
77	61.34	61.41	61.48	61.55	61.62	61.68	61.75	61.82	61.89	61.96
78	62.03	62.10	62.17	62.24	62.31	62.37	62.44	62.51	62.58	62.65
79	62.72	62.80	62.87	62.94	63.01	63.08	63.15	63.22	63.29	63.36
80	63.44	63.51	63.58	63.65	63.72	63.79	63.87	63.94	64.01	64.08
81	64.16	64.21	64.30	64.38	64.45	64.52	64.60	64.67	64.75	64.82

Lanjutan: Lampiran 7

82	64.90	64.97	65.05	65.12	65.20	65.27	65.35	65.42	65.50	65.57
83	65.65	65.73	65.80	65.88	65.96	66.03	66.11	66.19	66.27	66.34
84	66.42	66.50	66.58	66.66	66.74	66.81	66.89	66.97	67.05	67.13
85	67.21	67.29	67.37	67.45	67.54	67.62	67.70	67.78	67.86	67.94
86	68.03	68.11	68.19	68.28	68.36	68.44	68.53	68.61	68.70	68.78
87	68.87	68.95	69.04	69.12	69.21	69.30	69.38	69.47	69.56	69.64
88	69.73	69.82	69.91	70.00	70.09	70.18	70.27	70.36	70.45	70.54
89	70.63	70.72	70.81	70.91	71.00	71.09	71.19	71.28	71.37	71.47
90	71.56	71.66	71.76	71.85	71.95	72.05	72.15	72.24	72.34	72.44
91	72.54	72.64	72.74	72.84	72.95	73.05	73.15	73.26	73.36	73.46
92	73.57	73.68	73.78	73.89	74.00	74.11	74.21	74.32	74.44	74.55
93	74.66	74.77	74.88	75.00	75.11	75.23	75.35	75.46	75.58	75.70
94	75.82	75.94	76.06	76.19	76.31	76.44	76.56	76.69	76.82	76.95
95	77.08	77.21	77.34	77.48	77.61	77.75	77.89	78.03	78.17	78.32
96	78.46	78.61	78.76	78.91	79.06	79.22	79.37	79.53	79.69	79.86
97	80.02	80.19	80.37	80.54	80.72	80.90	81.09	81.28	81.47	81.67
98	81.87	82.08	82.29	82.51	82.73	82.96	83.20	83.45	83.71	83.98
99.0	84.26	84.29	84.32	84.35	84.38	84.41	84.44	84.47	84.50	84.53
99.1	84.56	84.39	84.62	84.65	84.68	84.71	84.74	84.77	84.80	84.84
99.2	84.87	84.90	84.93	84.97	85.00	85.03	85.07	52.11	85.13	85.17
99.3	85.20	85.24	85.27	85.31	85.34	85.38	85.41	85.45	85.48	85.52
99.4	85.56	85.60	85.63	85.67	85.71	85.75	85.79	85.83	85.87	85.91
99.5	85.95	85.99	86.03	86.07	86.11	86.15	86.20	86.24	86.28	86.33
99.6	86.37	86.42	86.47	86.51	86.56	86.61	86.66	86.71	86.76	86.81
99.7	86.86	86.91	86.97	87.02	87.08	87.13	87.19	87.25	87.31	87.37
99.8	87.44	87.50	87.57	87.64	87.71	87.78	87.86	87.93	88.01	88.10
99.9	88.19	88.28	88.38	88.48	88.60	88.72	88.85	89.01	89.19	89.43
100	90.00									

Lampiran 8. Distribusi F pada α = 5% dan 1%

DBG	DBP 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	~
1 5%	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	246	248	249	250	251	252	253	254	254	254	254
1%	4.052	4.999	5.403	5.625	5.764	5.859	5.928	5.981	6.022	5.056	6.082	6.106	6.142	6.169	6.208	6.234	6.258	6.286	6.302	6.323	6.334	6.352	6.361	6.366
2 5%	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,36	19,37	19,38	19,39	19,40	19,41	19,42	19,43	19,44	19,45	19,46	19,47	19.47	19,48	19,49	19,49	19,50	19,50
1%	98,49	99,00	99,17	99,25	99,30	99,33	99,34	99,36	99,38	99,40	99,41	99,42	99,43	99,44	99,45	99,46	99,47	99,48	99,48	99,49	99,49	99,49	99,50	99,50
3 5%	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,81	8,87	8,76	8,74	8,71	8,69	8,66	8,64	8,62	8,60	8,58	8,87	8,56	8,54	8,54	8,53
1%	34,12	30,82	29,46	28,71	28,24	27,91	27,67	27,49	27,34	27,23	27,13	27,05	26,92	26,83	26,69	26,60	26,50	26,41	26,35	26,27	26,23	26,18	26,14	26,12
4 5%	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,93	5,91	5,87	5,84	5,80	5,77	5,74	5,71	5,70	5,68	5,66	5,56	5,64	5,63
1%	21,20	18,00	16,69	15,98	15,52	15,21	14,98	14,80	14,66	14,54	14,45	14,37	14,24	14,15	14,02	13,93	13,83	13,74	13,69	13,61	13,57	13,52	13,48	13,46
5 5%	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,59	4,88	4,82	4,78	4,74	4,70	4,68	4,64	4,60	4,56	4,53	4,50	4,46	4,44	4,42	4,40	4,38	4,37	4,36
1%	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,45	10,27	10,15	10,05	9,96	9,89	9,99	9,68	9,55	9,47	9,38	9,29	9,24	9,17	9,13	9,07	9,04	9,02
6 5%	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,03	4,00	3,96	3,92	3,87	3,84	3,81	3,77	3,75	3,72	3,71	3,69	3,68	3,67
1%	13,74	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,98	7,87	7,79	7,72	7,60	7,52	7,39	7,31	7,23	7,44	7,09	7,02	6,99	6,94	6,90	6,88
7 5%	5,59	4,47	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,63	3,60	3,57	3,52	3,49	3.44	3,41	3,38	3,34	3,32	3,29	3,28	3,25	3,24	3,23
1%	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	7.00	6,84	6,71	6,62	6,54	6,47	6,35	6,27	6,15	6,07	5,98	5,90	5,85	5,78	5,75	5,70	5,67	5,65
8 5%	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,34	3,31	3,28	3,23	3,20	3,15	3,12	3,08	3,05	3,03	3,00	2,98	2,96	2,94	2,93
1%	11,26	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,19	6,03	5,91	5,82	5,74	5,67	5,56	5,48	5,36	5,28	5,20	5,11	5,06	5,00	4,96	4,91	4,88	4,48
9 5%	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,13	3,10	3,07	3,02	2,98	2,93	2,90	2,86	2,82	2,80	2,77	2,76	2,73	2,72	2,71
1%	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,62	5,47	5,35	5,26	5,18	5,11	5,00	4,92	4,80	4,73	4,64	4,56	4,51	4,45	4,41	4,36	4,33	4,31
10 5%	4,84	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,97	2,94	2,91	2,86	2,82	2,77	2,74	2,70	2,67	2,64	2,61	2,59	2,56	2,55	2,54
1%	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,21	5.06	4,95	4,85	4,78	4,71	4,60	4,52	4,41	4,33	4,25	4,17	4,12	4,05	4,01	3,96	3,93	3,91
11 5%	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,86	2,82	2,79	2,74	2,70	2,65	2,61	2,57	2,53	2,50	2,47	2,45	2,42	2,41	2,40
1%	9,65	7,20	6,22	5,67	5,32	5,07	4,88	4,74	4,63	4,54	4,46	4,40	4,29	4,21	4,10	4,02	3,94	3,86	3,80	3,74	3,70	3,66	3,62	3,60
12 5%	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,92	2,85	2,80	2,76	2,72	2,69	2,64	2,60	2,54	2,50	2,46	2,42	2,40	2,36	2,35	2,32	2,31	2,30
1%	9,33	6,93	5,59	5,42	5,06	4,82	4,65	4,50	4,39	4,30	4,22	4,16	4,05	3,98	3,86	3,78	3,70	3,61	3,56	3,49	3,46	3,41	3,38	3,36
13 5%	4,67	3,80	3.41	3,18	3,20	2,92	2,84	2,77	2,72	2,67	2,63	2,60	2,55	2,51	2,46	2,42	2,38	2,34	2,32	2,28	2,26	2,24	2,22	2,21
1%	9,07	6,70	5,74	5,20	4,86	4,62	4,44	4,30	4,19	4,10	4,02	3,96	3,85	3,78	3,67	3,59	3,51	3,42	3,37	3,30	3,27	3,21	3,28	3,16
14 5%	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,77	2,70	2,65	2,60	2,56	2,53	2,48	2,44	2,39	2,35	2,31	2,27	2,24	2,21	2,19	2,16	2,14	2,13
1%	8,86	6,51	5,56	5,03	4,69	4,46	4,28	4,14	4,03	4,94	3,85	3,80	3,70	3,62	3,51	3,42	3,34	3,26	3,21	3,14	3,11	3,06	3,02	3,00
15 5%	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,70	2,64	2,59	2,55	2,51	2,48	2,43	2,39	2,33	2,29	2,25	2,21	2,18	2,15	2,12	2,10	2,08	2,07
1%	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,14	4,00	3,89	3,80	3,37	3,67	3,56	3,48	3,36	3,29	3,20	3,12	3,07	3,00	2,97	2,92	2,89	2,87
16 5%	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,45	2,42	2,37	2,33	2,28	2,24	2,20	2,16	2,13	2,09	2,07	2,04	2,02	2,01
1%	8,68	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	4,03	3,89	3,78	3,69	3,61	3,55	3,45	3,37	3,25	3,18	3,10	3,01	2,96	2,89	2,86	2,80	2,77	2,75
17 5%	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,62	2,55	2,50	2,45	2,41	2,38	2,33	2,29	2,23	2,19	2,15	2,11	2,08	2,04	2,02	1,99	1,97	1,96
1%	8,40	6,11	5,18	4,67	4,34	4,10	3,93	3,79	3,68	3,59	3,52	3,45	3,35	3,27	3,16	3,08	3,00	2,92	2,86	2,79	2,76	2,70	2,67	2,65

DBP = Derajad Bebas Perlakuan, DBG = Derajad Bebas Galat

Lanjutan: Lampiran 8.

DBE	DBP 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	~
18 5%	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,37	2,34	2,29	2,25	2,19	2,15	2,11	2,07	2,04	2,00	1,98	1,95	1,93	1,92
1%	8,28	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,85	3,71	3,60	3,51	3,44	3,37	3,27	3,19	3,07	3,00	2,91	2,83	2,78	2,71	2,68	2,62	2,59	2,57
19 5%	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,55	2,48	2,43	2,38	2,34	2,31	2,26	2,21	2,15	2,11	2,07	2,02	2,00	1,96	1,94	1,91	1,90	1,88
1%	8,18	5,93	5,01	4,50	4,17	3,94	3,77	3,63	3,52	3,43	3,36	3,30	3,19	3,12	3,00	2,92	2,84	2,76	2,70	2,63	2,60	2,54	2,51	2,49
20 5%	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,52	2,45	2,40	2,35	2,31	2,28	2,23	2.18	2,12	2,08	2,04	1,99	1,96	1,92	1,90	1,87	1,85	1,84
1%	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,71	3,56	3,45	3,37	3,30	3.23	3,13	3.05	2.94	2,86	2,77	2,69	2,63	2,56	2,53	2,47	2,44	2,42
21 5%	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,28	2,25	2,20	2,15	2,09	2,05	2,00	1,96	1,93	1,89	1,87	1,84	1,82	1,81
1%	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,65	3,51	3,40	3,31	3,24	3,17	3,07	2,99	2,88	2,80	2,72	2,63	2,58	2,51	2,47	2,42	2,38	2,36
22 5%	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,47	2,40	2,35	2,30	2,26	2,23	2,18	2,13	2,07	2,03	1,98	1,93	1,91	1,87	1,84	1,81	1,80	1,78
1%	7,94	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,59	3,45	3,35	3,26	3,18	3,12	3,02	2,94	2,83	2,75	2,67	2,58	2,53	2,46	2,42	2,37	2,33	2,31
23 5%	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,45	2,38	2,32	2,28	2,24	2,20	2,14	2,10	2,04	2,00	1,96	1,91	1,88	1,84	1,82	1,79	1,77	1,76
1%	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,54	3,41	3,30	3,21	3,14	3,07	2,97	2,89	2,78	2,70	2,62	2,53	2,48	2,41	2,37	2,32	2,28	2,26
24 5%	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,43	2,36	2,30	2,26	2,22	2,18	2,13	2,09	2,02	1,98	1,94	1,89	1,86	1,82	1,80	1,76	1,74	1,73
1%	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,50	3,36	3,25	3,17	3,09	3,03	2,93	2,85	2,74	2,66	2,58	2,49	2,44	2,36	2,33	2,27	2,23	2,21
25 5%	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,41	2,34	2,28	2,24	2,20	2,16	2,11	2,06	2,00	1,96	1,92	1,87	1,84	1,80	1,77	1,74	1,72	1,71
1%	7,77	5,57	4,68	4,18	3,86	3,63	3,46	3,32	3,21	3,13	3,05	2,99	2,89	2,81	2,70	2,62	2,54	2,45	2,40	2,32	2,29	2,23	2,19	2,17
26 5%	4,22	3,37	2,98	2,74	2,49	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,18	2,15	2,10	2,05	1,99	1,95	1,90	1,85	1,82	1,78	1,76	1,72	1,70	1,69
1%	7,72	5,53	4,46	4,14	3,82	3,59	3,42	3,29	3,17	3,09	3,02	2,96	2,86	2,77	2,66	2,58	2,50	2,41	2,36	2,28	2,25	2,19	2,15	2,13
27 5%	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,30	2,25	2,20	2,16	2,13	2,08	2,03	1,97	1,93	1,88	1,84	1,80	1,76	1,74	1,71	1,68	1,67
1%	7,68	5,49	4,60	4,11	3,79	3,56	3,39	3,26	3,14	3,06	2,98	2,93	2,83	2,74	2,63	2,55	2,47	2,38	2,33	2,25	2,21	2,16	2,12	2,10
28 5%	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,36	2,29	2,24	2,19	2,15	2,12	2,06	2,02	1,96	1,91	1,87	1,81	1,78	1,75	1,72	1,69	1,67	1,65
1%	7,64	5,45	4,57	4.07	3,76	3,53	3,36	3,23	3,11	3,03	2,95	2,90	2,80	2,71	2,60	2,52	2,44	2,35	2,80	2,22	2,18	2,13	2,09	2,06
29 5%	4,18	3,33	2,93	2,70	2,54	2,43	2,35	2,28	2,22	2,18	2,14	2,10	2,05	2,00	1,94	1,90	1,85	1,80	1,77	1,73	1,71	1,68	1,65	1,64
1%	7,60	5,42	4,54	4.04	3,73	3,50	3,33	3,20	3,08	3,00	2,92	2,87	2,77	2,68	2,57	2,49	2,41	2,32	2,27	2,19	2,15	2,10	2,06	2,03
30 5%	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,34	2,27	2,21	2,16	2,12	2,09	2,04	1,99	1,93	1,89	1,84	1,79	1,76	1,72	1,69	1,66	1,64	1,62
1%	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,30	3,17	3,06	2,98	2,90	2,84	2,74	2,66	2,55	2,47	2,38	2,29	2,24	2,16	2,13	2,07	2,03	2,01
32 5%	4,15	3,30	2,90	2,67	2,51	2,40	2,32	2,25	2,19	2,14	2,10	2,07	2,02	1,97	1,91	1,86	1,82	1,76	1,74	1,69	1,67	1,64	1,61	1,59
1%	7,50	5,34	4,46	3,97	3,66	3,42	3,25	3,12	3,01	2,94	2,86	2,80	2,70	2,62	2,51	2,42	2,34	2,25	2,20	2,12	2,08	2,02	1,98	1,96
34 5%	4,13	3,28	2,88	2,65	2,49	2,38	2,30	2,23	2,17	2,12	2,08	2,05	2,00	1,95	1,89	1,84	1,80	1,74	1,71	1,67	1,64	1,61	1,59	1,57
1%	7,44	5,29	4,42	3,93	3,61	3,38	3,21	3,08	2,97	2,89	2,82	2,76	2,66	2,58	2,47	2,38	2,30	2,21	2,15	2,08	2,04	1,98	1,94	1,91
36 5%	4,11	3,26	2,86	2,63	2,48	2,36	2,28	2,21	2,15	2,10	2,06	2,03	1,98	1,93	1,87	1,82	1,78	1,72	1,69	1,65	1,62	1,59	1,56	1,55
1%	7,39	5,25	4,38	3,89	3,58	3,35	3,18	3,04	2,94	2,86	2,78	2,72	2,62	2,54	2,43	2,35	2,26	2,17	2,12	2,04	2,00	1,94	1,90	1,87
38 5%	4,10	3,25	2,85	2,62	2,46	2,35	2,26	2,19	2,14	2,09	2,05	2,02	1,96	1,92	1,85	1,80	1,76	1,71	1,67	1,63	1,60	1,57	1,54	1,53
1%	7,35	5,21	4,34	3,86	3,54	3,32	3,15	3,02	2,91	2,82	2,75	2,69	2,59	2,51	2,40	2,32	2,22	2,14	2,03	2,00	1,97	1,90	1,86	1,84

DBP = Derajad Bebas Perlakuan, DBG = Derajad Bebas Galat

Lanjutan: Lampiran 8.

DBE	DBP																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	~
40 5%	4.08	3,32	2,84	2,16	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,07	2,04	2,00	1,95	1,90	1,84	1,79	1,74	1,69	1,66	1,61	1,59	1,55	1,53	1,51
1%	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	3,12	2,99	2,88	2,80	2,73	2,66	2,56	2,49	2,37	2,29	2,20	2,11	2,05	1.97	1,94	1,88	1,84	1,81
42 5%	4,07	3,22	2,83	2,59	2,44	2,32	2,24	2,17	2,11	2,06	2,02	1,99	1,94	1,89	1,82	1,78	1,73	1,68	1,64	1,60	1,57	1,54	1,51	1,49
1%	7,27	5,15	4,29	3,80	3,49	3,26	3,10	2,96	2,86	2,77	2,70	2,64	2,54	2,46	2,35	2,26	2,17	2,08	2,02	1,94	1,91	1,85	1,80	1,78
44 5%	4,06	3,21	2,82	2,58	2,43	2,31	2,23	2,16	2,10	2,05	2,01	1,98	1,92	1,88	1,81	1,76	1,72	1,66	1,63	1,58	1,56	1,52	1,50	1,48
1%	7,24	5,12	4,26	3,78	3,46	3,24	3,07	2,94	2,84	2,75	2,68	2,62	2,52	2,44	2,32	2,24	2,15	2,06	2,00	1,92	1,88	1,82	1,78	1,75
46 5%	4,05	3,20	2,81	2,57	2,42	2,30	2,22	2,14	2,09	2,04	2,00	1,97	1,91	1,87	1,80	1,75	1,71	1,65	1,62	1,57	1,54	1,51	1,48	1,46
1%	7,21	5,10	4,24	3,76	3,44	3,22	3,05	2,92	2,82	2,73	2,66	2,60	2,50	2,42	2,30	2,22	2,13	2,04	1,98	1,90	1,86	1,80	1,76	1,72
48 5%	4,04	3,19	2,80	2,56	2,41	2,30	2,21	2,14	2,08	2,03	1,99	1,96	1,90	1,86	1,79	1,74	1,70	1,64	1,61	1,56	1,53	1,50	1,47	1,45
1%	7,19	5,08	4,22	3,74	3,42	3,20	3,04	2,90	2,80	2,71	2,64	2,58	2,48	2,40	2,28	2,20	2,11	2,02	1,96	1,88	1,84	1,78	1,72	1,70
50 5%	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,20	2,13	2,07	2,02	1,98	1,95	1,90	1,85	1,78	1,74	1,69	1,63	1,60	1,55	1,52	1,48	1,46	1,44
1%	7,17	5,06	4,20	3,72	3,41	3,18	3,02	2,88	2,78	2,70	2,62	2,56	2,46	2,39	2,26	2,18	2,10	2,00	1,94	1,86	1,82	1,76	1,71	1,68
55 5%	4,02	3,17	2,78	2,54	2,38	2,27	2,18	2,11	2,05	2,00	1,97	1,93	1,88	1,83	1,76	1,72	1,67	1,61	1,58	1,52	1,50	1,46	1.43	1,41
1%	7,12	5,01	4,14	3,68	3,37	3,15	2,98	2,85	2,75	2,66	2,59	2,53	2,43	2,35	2,23	2,15	2,06	1,96	1,90	1,82	1,78	1,71	1,66	1,64
60 5%	4,00	3,15	2,76	2,52	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,95	1,92	1,86	1,81	1,75	1,70	1,65	1,59	1,56	1,50	1,48	1,44	1,41	1,39
1%	7,08	4,98	4,13	3,65	3,34	3,12	2,95	2,82	2,72	2,63	2,56	2,50	2,40	2,32	2,20	2,12	2,03	1,93	1,87	1,79	1,74	1,68	1,63	1,60
65 5%	3,99	3,14	2,75	2,51	2,36	2,24	2,15	2,08	2,02	1,98	1,94	1,90	1,85	1,80	1,73	1,68	1,63	1,57	1,54	1,49	1,46	1,42	1,39	1,37
1%	7,04	4,95	4,10	3,62	3,31	3,09	2,93	2,79	2,70	2,61	2,54	2,47	2,37	2,30	2,18	2,09	2,00	1,90	1,84	1,76	1,71	1,64	1,60	1,56
70 5%	3,93	3,13	2,74	2,50	2,35	2,23	2,14	2,07	2,01	1,97	1,93	1,89	1,84	1,79	1,72	1,67	1,62	1,56	1,53	1.47	1,45	1,40	1,37	1,35
1%	7,01	4,92	4,08	3,60	3,29	3,07	2,91	2,77	2,67	2,69	2,51	2,45	2,35	2,28	2,15	2,07	1,98	1,88	1,82	1,74	1,69	1,62	1,56	1,53
80 5%	3,96	3,11	2,72	2,48	2,33	2,21	2,12	2,05	1,99	1,95	1,91	1,88	1,82	1,77	1,70	1,63	1,60	1,54	1,51	1,45	1,42	1,38	1,35	1,32
1%	6,96	4,88	4,04	3,56	3,25	3,04	2,87	2,74	2,64	2,55	2,48	2,41	2,32	2,24	2,11	2,03	1,94	1,84	1,78	1,70	1,65	1,57	1,52	1,49
100 5%	3,94	3,09	2,70	2,46	2,30	2,19	2,10	3,03	1,97	1,92	1,88	1,85	1,79	1,75	1,68	1,63	1,57	1,51	1,48	1,42	1.39	1,34	1,30	1,28
1%	6,90	4,82	3,98	3,51	3,20	2,99	2,82	2,69	2,59	2,51	2,43	2,36	2,26	2,19	2,06	1,98	1,89	1,79	1,73	1,64	1,59	1,51	1,46	1,43
150 5%	3,91	3,06	2,67	2,43	2,27	2,16	2,07	2,00	1,94	1,89	1,85	1,82	1,76	1,71	1,64	1,59	1,54	1,47	1,44	1,37	1,34	1,29	1,25	1,22
1%	6,81	4,75	3,91	3,44	3,14	2,92	2,76	2,62	2,53	2,44	2,37	2,30	2,20	2,12	2,00	1,91	1,83	1,72	1,66	1,56	1,51	1,43	1,37	1,33
200 5%	3,89	3,04	2,65	2,41	2,26	2,14	2,05	1,98	1,92	1,87	1,83	1,80	1,74	1,69	1,62	1,57	1,52	1,45	1,42	1,35	1,32	1,26	1,22	1,19
1%	6,76	4,71	3,88	3,41	3,11	2,90	2,73	2,60	2,50	2,41	2,34	2,28	2,17	2,09	1,97	1,88	1,79	1,69	1,62	1,53	1,48	1,39	1,33	1,28
400 5%	3,86	3,02	2,62	2,39	2,23	2,12	2,03	1,96	1,90	1,85	1,81	1,78	1,72	1,67	1,60	1,54	1,49	1,42	1,38	1,32	1,28	1,22	1,61	1,13
1%	6,70	4,66	3,83	3,36	3,06	2,85	2,69	2,55	2,46	2,37	2,29	2,23	2,12	2,04	1,92	1,84	1,74	1,64	1,57	1,47	1,42	1,32	1,24	1,19
1000 5%	3,85	3,00	2,61	2,38	2,22	2,10	2,02	1,95	1,89	1,84	1,80	1,76	1,70	1,65	1,58	1,53	1,47	1,41	1,36	1,30	1,26	1,19	1,13	1,08
1%	6,66	4,62	3,80	3,34	3,04	2,82	2,66	2,53	2,43	2,34	2,26	2,20	2,09	2,01	1,89	1,81	1,71	1,61	1,54	1,44	1,38	1,28	1,19	1,11
~ 5%	3,84	2,99	2,60	2,37	2,21	2,09	2,01	1,94	1,86	1,83	1,79	1,75	1,69	1,64	1,57	1,52	1,46	1,40	1,35	1,28	1,24	1,17	1,11	1,00
1%	6,64	4,60	3,78	3,32	3,02	2,80	2,64	2,51	2,41	2,32	2,24	2,18	2,07	1,99	1,87	1,79	1,69	1,59	1,52	1,41	1,36	1,25	1,15	1,00

116

DBP = Derajad Bebas Perlakuan,   DBG = Derajad Bebas Galat

Lampiran 9. Cara Analisis Regresi Kuadratik

Diketahui dari hasil pengamatan pada tanaman cabai diperoleh data ILD dan bobot buah per tanaman (BBT) (kg) sebagai berikut.

Tabel. Data pengamatan ILD dan BBT (kg)

ILD	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
BBT	0	0,6	0,9	1	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1,1

Hitunglah ILD optimum untuk mendapatkan bobot buah per tanaman yang maksimal!

Tahapan perhitungan:

1. Menghitung rerata Y atau $\bar{Y}$ yaitu jumlah seluruh nilai Y dibagi jumlah sampel.

$$\bar{Y} = \frac{\Sigma Y_i}{n} = \frac{\Sigma\,(0 + 0 + \ldots + 1{,}3 + 1{,}1)}{10} = 1{,}06$$

2. Menghitung nilai y_i (nilai simpangan) yaitu nilai selisih antara masing-masing nilai Y terhadap nilai reratanya ($\bar{Y}$).

$y_i = (Y_i - \bar{Y})$, maka: $y_1 = (0 - 1{,}06) = -1{,}06$; $y_2 = (0{,}6 - 1{,}06) = -0{,}46$; … ; $y_9 = (1{,}3 - 1{,}06) = 0{,}24$ dan $y_{10} = (1{,}1 - 1{,}06) = 0{,}04$

Menghitung jumlah kuadrat simpangan:

$\Sigma y_i^2 = \Sigma((-1{,}06)^2 + (-1{,}06)^2 + \ldots + 0{,}24^2 + 0{,}04^2) = 1{,}904$

3. Menghitung rerata X atau $\ddot{X}$ yaitu jumlah seluruh nilai X dibagi jumlah sampel.

$$\ddot{X} = \frac{\Sigma X_i}{n} = \frac{\Sigma\,(0 + 0{,}5 + \ldots + 4{,}0 + 4{,}5)}{10} = 2{,}25$$

4. Menghitung nilai z_{1i} (nilai simpangan) yaitu nilai selisih antara masing-masing nilai X terhadap nilai reratanya (Ẍ).

   z_{1i} = (X_i - Ẍ), maka: z_{11} = (0 - 2,25) = -2,25; z_{12} = (0,5 - 2,25) = -1,75; … ; z_{19} = (4,0 - 2,25) = 1,75 dan z_{110} = (4,5 - 2,25) = 2,25

   Menghitung jumlah kuadrat simpangan:

   Σz_{1i}^2= Σ((-2,25)² + (-1,75)² + … + 1,75² + 2,25²) = 20,625

5. Menghitung rerata X² atau Ẍ² yaitu jumlah seluruh nilai X² dibagi jumlah sampel

   $$\ddot{X}^2 = \frac{\Sigma X_i^2}{n} = \frac{\Sigma\,(0 + 0{,}25 + \ldots + 16 + 20{,}25)}{10} = 7{,}125$$

6. Menghitung nilai z_{2i} (nilai simpangan) yaitu nilai selisih antara masing-masing nilai X² terhadap nilai reratanya (Ẍ²).

   z_{2i} = (X_i^2 - Ẍ²), maka: z_{21} = (0 - 7,125) = -7,125; z_{12} = (0,25 - 7,125) = -6,88; … ; z_{19} = (16,0 - 7,125) = 8,88 dan z_{110} = (20,25 - 7,125) = 13,13

   Menhitung jumlah kuadrat simpangan:

   Σz_{2i}^2 = Σ((-7,125)² + (-6,88)² + … + 8,88² + 13,13²) = 450,66

7. Menghitung hasil kali antara z_{1i} dan y_i:

   $z_{11}y_1$ = (-2,25 x -1,06) = 2,39; $z_{12}y_2$ = (-1,75 x -0,46) = 0,81; … $z_{19}y_9$ = (1,75 x 0,24) = 0,43; $z_{110}y_{10}$ = (2,25 x 0,04) = 0,09

   $\Sigma z_{1i}y_i$ = Σ (2,39 + 0,81 + … + 0,43 + 0,09) = 4,65

8. Menghitung hasil kali antara z_{2i} dan y_i:

   $z_{21}y_1$ = (-7,13 x -1,06) = 7,553; $z_{22}y_2$ = (-6,88 x -0,46) = 3,163; … $z_{29}y_9$ = (8,88 x 0,24) = 2,130; $z_{210}y_{10}$ = (13,13 x 0,04) = 0,525

   $\Sigma z_{2i}y_i$ = Σ (7,553 + 3,163 + … + 2,130 + 0,525) = 15,675

9. Menghitung hasil kali antara z_{1i} dan z_{2i}:

$z_{11}z_{21}$ = (-2,25 x -7,13) = 16,031; $z_{12}z_{22}$ = (-1,75 x -6,88) = 12,031; … $z_{19}z_{29}$ = (1,75 x 8,88) = 15,531; $z_{110}z_{210}$ = (2,25 x 13,13) = 29,531

$\Sigma z_{2i}y_i$ = Σ (16,031 + 12,031 + … + 15,531 + 29,531) = 92,813

Berdasarkan tahapan perhitungan di atas, maka hasil perhitungan dapat dimasukan ke tabel berikut.

Tabel. Analisis Regresi Kuadratik Hubungan ILD dan Bobot Buah per Tanaman

Y_i (1)	y_i (2)	X_i (3)	z_{1i} (4)	X_i^2 (5)	z_{2i} (6)	$z_{1i}y_i$ (7)	$z_{2i}y_i$ (8)	$z_{1i}z_{2i}$ (9)
0,0	-1,06	0,0	-2,25	0,00	-7,13	2,39	7,553	16,031
0,6	-0,46	0,5	-1,75	0,25	-6,88	0,81	3,163	12,031
0,9	-0,16	1,0	-1,25	1,00	-6,13	0,20	0,980	7,656
1,1	0,04	1,5	-0,75	2,25	-4,88	-0,03	-0,195	3,656
1,3	0,24	2,0	-0,25	4,00	-3,13	-0,06	-0,750	0,781
1,4	0,34	2,5	0,25	6,25	-0,88	0,09	-0,298	-0,219
1,5	0,44	3,0	0,75	9,00	1,88	0,33	0,825	1,406
1,4	0,34	3,5	1,25	12,25	5,13	0,43	1,743	6,406
1,3	0,24	4,0	1,75	16,00	8,88	0,42	2,130	15,531
1,1	0,04	4,5	2,25	20,25	13,13	0,09	0,525	29.531
$\bar{Y}$	Σy_i^2	$\ddot{X}$	Σz_{1i}^2	$\ddot{X}^2$	Σz_{2i}^2	$\Sigma z_{1i}y_i$	$\Sigma z_{2i}y_i$	$\Sigma z_{1i}z_{2i}$
1,06	1,904	2,25	20,625	7,125	450,66	4,65	15,675	92,813

Persamaan umum regresi kuadratik: Y = a + b_1 X + b_2 X^2. Berdasarkan tabel di atas, maka dapat dihitung konstanta (a), koefisien regresi b_1 dan b_2, X optimum, Y maksimum dan koefisien determinasi (R^2) sebagai berikut.

Koefisien regresi (b_1) $= \dfrac{(\Sigma z_{2i}^2 \times \Sigma z_{1i} y_i) - (\Sigma z_{1i} z_{2i} \times \Sigma z_{2i} y_i)}{\Sigma z_{1i}^2 \times \Sigma z_{2i}^2 - (\Sigma z_{1i} z_{2i})^2}$

$$= \frac{(450{,}66 \times 4{,}65) - (92{,}813 \times 15{,}675)}{20{,}625 \times 450{,}66 - (92{,}813)^2}$$

$$= \frac{640{,}7156}{680{,}625}$$

= 0,9413

Koefisien regresi (b_2) $= \dfrac{(\Sigma z_{1i}^2 \times \Sigma z_{2i} y_i) - (\Sigma z_{1i} z_{2i} \times \Sigma z_{1i} y_i)}{\Sigma z_{1i}^2 \times \Sigma z_{2i}^2 - (\Sigma z_{1i} z_{2i})^2}$

$$= \frac{(20{,}625 \times 15{,}675) - (92{,}813 \times 4{,}65)}{20{,}625 \times 450{,}66 - (92{,}813)^2}$$

$$= \frac{-108{,}281}{680{,}625}$$

= -0,1591

Konstanta (a) $= \bar{Y} - (b1 * \ddot{X}) - (b2 * \ddot{X}^2)$
= 1,06 – (0,9413 x 2,25) – (-0,1591 x 7,125)
= 0,0754

Untuk mendapatkan LAI optimum (X optimum) dengan menghitung turunan pertaman dari persamaan regresi kuadratik $Y = a + b_1 X + b_2 X^2$ yaitu: $Y' = 0$, maka $0 = 0 + b_1 + 2\ b_2 * X$ optimum

X optimum $= \dfrac{b1}{-2\ b2}$

$$= \frac{0,9413}{-2 \text{ x } -0,1591}$$

$= \quad 2,958$

Untuk mengetahui hasil tertinggi (Y maksimum) dengan menggunakan rumus berikut:

Y maksimum = a + (b1 * X optimum) + (b2 * X optimum^2)
= 0,0754 + (0,9413 x 2,958) + (-0,1591 x 2,958^2)
= 1,648 kg

Koefisien determinasi (R^2):

$$= \frac{(b_1 \text{x } \Sigma z_{1i} y_i) - (b_2 \text{ x } \Sigma z_{2i} y_i)}{\Sigma y_i^2}$$

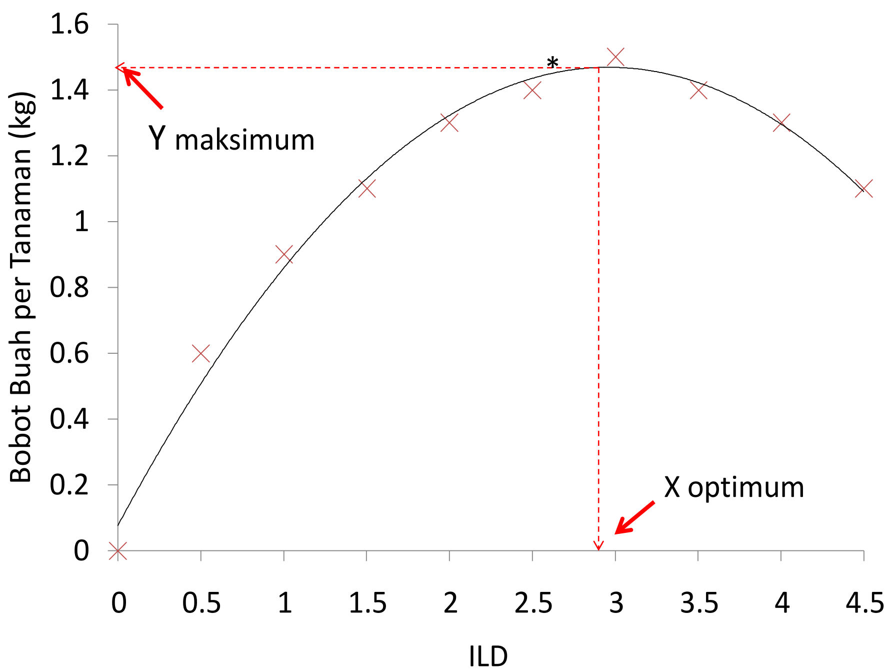
$$= \frac{(0,9413 \text{ x } 4,65) - (0,1591 \text{ x } 15,675)}{1,906}$$

$$= \frac{1,8834}{1,906}$$

$= \quad 0,989$

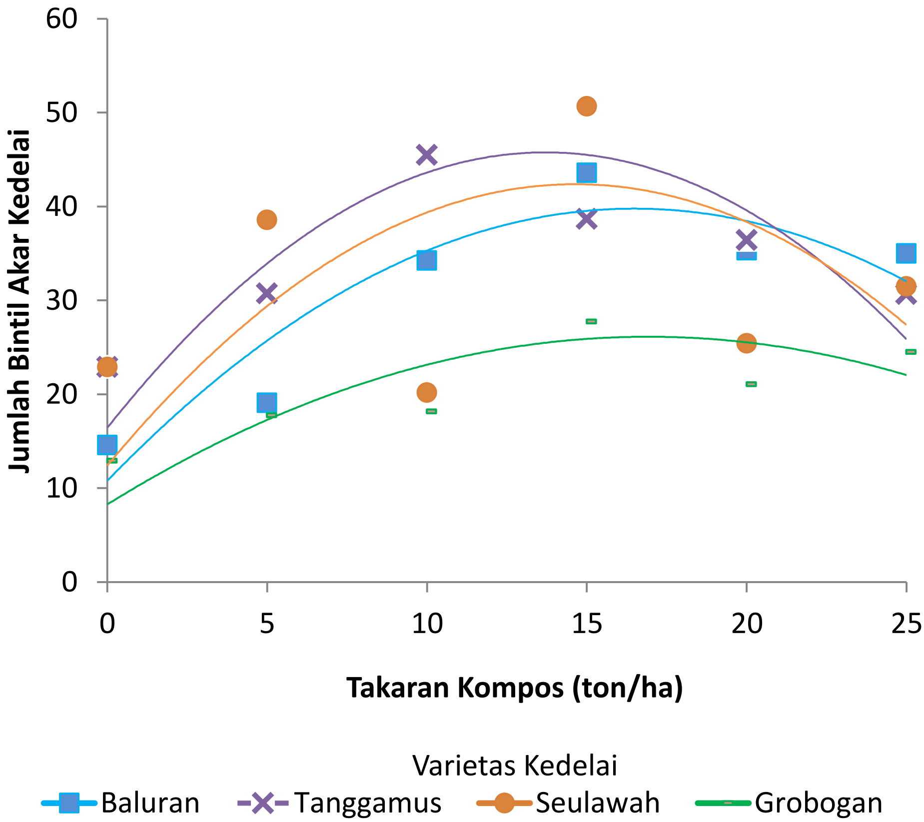
Berdasarkan perhitungan di atas dapat diperoleh persamaan regresi kuadratik: Y = 0,0754 + 0,9413 X – 10,1591 X^2, koefisien determinasi (R^2) = 0,989, dengan ILD optimum 2,958 dan bobot buah per tanaman tertinggi (maksimum) yaitu 1,648 kg. Kurva regresi pengaruh ILD terhadap BBT dapat dilihat seperti pada gambar berikut.

Kurva Regresi Kuadratik



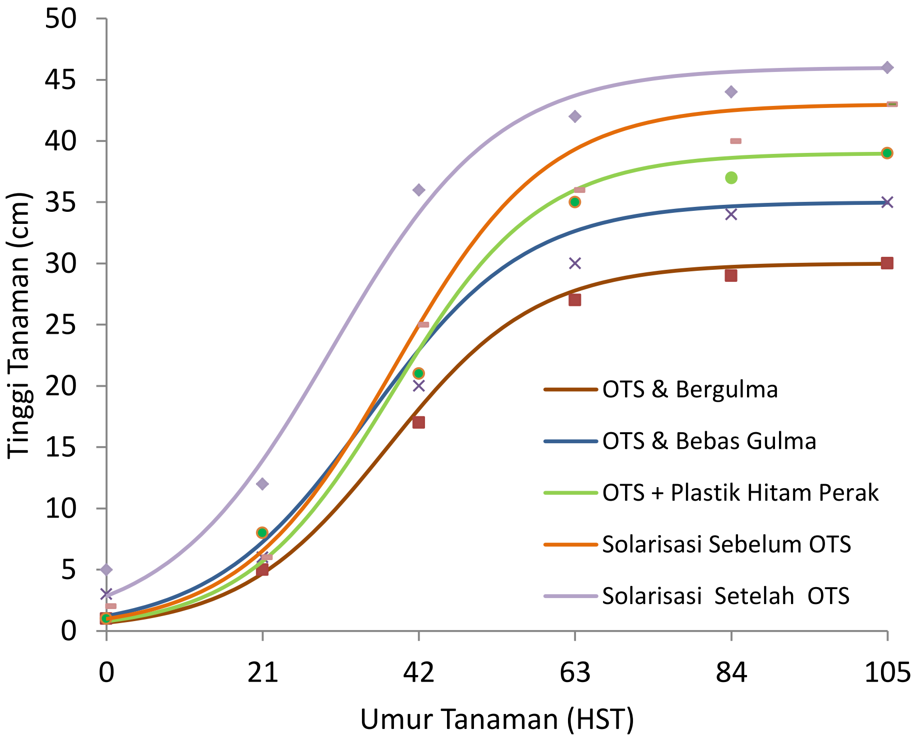
Pengaruh Indeks Luas Daun (ILD) terhadap Bobot Buah per Tanaman (BBT)

Lampiran 10. Kurva Regresi Kuadratik Berinteraksi



Pengaruh Takaran Pupuk Kandang Sapi (ton/ha) terhadap Jumah Bintil pada Akar pada Empat Varietas Kedelai

Lampiran 11. Kurva Regresi Logistik pada 5 Perlakuan



Fase Pertumbuhan Tinggi Tanaman pada Berbagai Umur Tanaman pada Lima Macam Perlakuan Solarisasi Tanah