

**MODUL AJAR**  
**MIKROBIOLOGI PENGOLAHAN HASIL PERTANIAN**



**DISUSUN OLEH :**  
**SUHARMAN, S.TP, M.Sc**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN**  
**FAKULTAS PERTANIAN**  
**UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA**

**2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Bahan Ajar : Mikrobiologi Pengolahan Hasil Pertanian
2. Pelaksana
  - a. Nama Lengkap : Suharman, S.TP, M.Sc
  - b. Jenis Kelamin : Laki-Laki
  - c. Pangkat/Golongan : -
  - d. NIP/NIS : 19940730 201910 1 004
  - e. Program Studi/Fakultas : Teknologi Hasil Pertanian
  - f. Telpon/Faks/E-mail/HP: suharman@upy.ac.id/082349408605

Mengetahui,  
Kaprosdi Teknologi Hasil Pertanian

Yogyakarta, 20 September 2023  
Pelaksana/Penulis

Suharman, S.TP, M.Sc  
NIS. 19940730 201910 1 004

Suharman, S.TP, M.Sc  
NIS. 19940730 201910 1 004

Menyetujui,  
Kepala Lembaga Pengembangan Pendidikan



Selly Rahmawati, M.Pd  
NIS. 19870723 201302 2 002

## **KATA PENGANTAR**

Segala Puji dan Syukur kami panjatkan selalu kepada Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat, Taufiq, dan Hidayah yang sudah diberikan sehingga kami bisa menyelesaikan bahan ajar yang berjudul “Mikrobiologi Pengolahan Hasil Pertanian” dengan tepat waktu. Tujuan dari penulisan buku bahan ajar ini tidak lain adalah untuk membantu para mahasiswa di dalam memahami kompetensi mata kuliah MPHP. Bahan ajar ini juga akan memberikan informasi secara lengkap mengenai peran mikroorganisme dalam pengolahan hasil pertanian dari yang menguntungkan sampai yang merugikan. Kami juga sadar bahwa bahan ajar yang kami buat masih tidak belum bisa dikatakan sempurna. Maka dari itu, kami meminta dukungan dan masukan dari para pembaca, agar kedepannya kami bisa lebih baik lagi di dalam menulis bahan ajar MPHP.

Akhir kata penulis ucapkan terimakasih, harapan penulis semoga Bahan Ajar Mikrobiologi Pengolahan Hasil Pertanian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak terutama mahasiswa Teknologi Hasil Pertanian Universitas PGRI Yogyakarta.

Yogyakarta, 12 September 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

COVER.....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB. I KONSEP INTERAKSI MIKROORGANISME PADA PANGAN .....	1
1.1 PENDAHULUAN.....	1
1.2 SUBSTANSI BAHAN AJAR.....	2
1.2.1 PeranMikroorganisme .....	3
1.2.2 Jenis-Jenis Mikroorganisme Kontaminasi Panagn .....	4
1.2.3 Peran Mikroorganisme Menguntungkan.....	5
1.2.4 Peran Mikroorganisme Merugikan .....	5
1.3 RANGKUMAN .....	6
1.4 SOAL LATIHAN .....	6
BAB. II KONTAMINASI MIROORGANISME .....	8
2.1 PENDAHULUAN.....	8
2.2 SUBSTANSI BAHAN AJAR.....	8
2.2.1 Sumber Kontaminasi Mikroorganisme .....	8
2.2.2 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroorganisme .....	10
2.3 RANGKUMAN .....	29
2.4 SOAL LATIHAN .....	29
BAB. III METODE ANALISIS MIKROORGANISME .....	31
2.1 PENDAHULUAN.....	31
2.2 SUBSTANSI BAHAN AJAR.....	31
2.2.1 Metode Analisa .....	31
2.2.2 Produksi Pangan Fermentasi.....	32
2.2.3 Pengendalian Mikroorganisme .....	35
2.3 RANGKUMAN .....	39
2.4 SOAL LATIHAN .....	41
BAB. IV KERUSAKAN PANGAN DAN HASIL PERTANIAN.....	42

4.1	PENDAHULUAN.....	42
4.2	SUBSTANSI BAHAN AJAR.....	42
4.2.1	Jenis dan Jumlah Mikroorganisme.....	42
4.2.2	JENIS PANGAN .....	44
4.3	RANGKUMAN .....	54
4.4	SOAL LATIHAN .....	55
BAB. V PENYAKIT BAWAAN PANGAN.....		56
5.1	PENDAHULUAN.....	56
5.2	SUBSTANSI BAHAN AJAR.....	56
5.2.1	Penyakit Bawaan Pangan .....	57
5.2.2	Intoksikasi Bawaan Pangan.....	58
5.3	RANGKUMAN .....	68
5.4	SOAL LATIHAN .....	69
DAFTAR PUSTAKA.....		51
GLOSARIUM.....		56

## **TINJAUAN MATA KULIAH**

Mata Kuliah Mikrobiologi Pengolahan Hasil Pertanian adalah upaya memahami peran mikroorganisme terhadap pangan dan hasil pertanian baik yang menguntungkan maupun yang merugikan. Bagan berpikir itu disusun dari konsep-konsep dan kaitan-kaitan logis antara konsep-konsep itu. Konsep-konsep itu terus berkembang, yakni dimunculkan sesuai kebutuhan. Bagan berpikir itu terus disangsikan sehingga harus dihadapkan dengan pengujian-pengujian melalui eksperimen dan pengamatan. Mata kuliah ini menekankan peran penting mikroorganisme dalam produksi hasil pertanian dan pendekatan metodologi analisis. Selain itu, kerusakan pangan dan hasil pertanian dan penyakit bawaan pangan juga dibicarakan. Selanjutnya, beberapa hal yang selama ini dipandang terlalu lanjut untuk mahasiswa semester satu dan dua juga telah dibicarakan, tentu saja dengan bahasa yang sederhana yang lebih mudah dipahami.

Pada mata kuliah ini, mahasiswa mendapatkan teori dan praktikum. Teori diberikan sebelum melakukan praktikum, agar pemahaman mahasiswa dapat lebih baik sebelum praktikum. Praktikum dilaksanakan di Laboratorium Dasar Universitas PGRI Yogyakarta. Praktikum dilakukan mulai Mengerjakan tugas-tugas pendahuluan jika ada dan menyiapkan diri dengan materi praktikum yang akan dilakukan. Pelaksanaan praktikum dengan mentaati tata tertib yang berlaku di Laboratorium Dasar. Mengikuti petunjuk yang diberikan oleh Asisten dan Dosen Penanggung Jawab Praktikum. Memelihara kebersihan dan bertanggung jawab atas keutuhan alat-alat praktikum.

# **BAB 1**

## **KONSEP MIKROORGANISME PADA PANGAN**

### **1.1 PENDAHULUAN**

Mikrobiologi dalam bahasa Yunani diartikan *mikros* yang berarti kecil, *bios* yang artinya hidup, dan *logos* yang artinya kata atau ilmu. Mikrobiologi merupakan suatu istilah luas yang berarti studi tentang mikroorganisme, yaitu organisme hidup yang terlalu kecil untuk dapat dilihat dengan mata telanjang dan biasanya bersel tunggal (Budiyanto, 2002:1). Mikrobiologi dalam konteks pembagian ilmu modern mencakup studi tentang bakteri (bakteriologi), jamur (mikologi), dan virus (virologi) (Budiyanto, 2002:1).

Mikroorganisme merupakan jasad hidup yang mempunyai ukuran sangat kecil (Kusnadi, dkk, 2003). Setiap sel tunggal mikroorganisme memiliki kemampuan untuk melangsungkan aktivitas kehidupan antara lain dapat mengalami pertumbuhan, menghasilkan energi dan bereproduksi dengan sendirinya. Mikroorganisme memiliki fleksibilitas metabolisme yang tinggi karena mikroorganisme ini harus mempunyai kemampuan menyesuaikan diri yang besar sehingga apabila ada interaksi yang tinggi dengan lingkungan menyebabkan terjadinya konversi zat yang tinggi pula. Akan tetapi karena ukurannya yang kecil, maka tidak ada tempat untuk menyimpan enzim-enzim yang telah dihasilkan. Dengan demikian enzim yang tidak diperlukan tidak akan disimpan dalam bentuk persediaan. Enzim-enzim tertentu yang diperlukan untuk pengolahan bahan makanan akan diproduksi bila bahan makanan tersebut sudah ada. Mikroorganisme ini juga tidak memerlukan tempat yang besar, mudah ditumbuhkan dalam media buatan, dan tingkat pembiakannya relative cepat (Darkuni, 2001). Oleh karena aktivitasnya tersebut, maka setiap mikroorganisme memiliki peranan dalam kehidupan, baik yang merugikan maupun yang menguntungkan.

Mikrobiologi pangan adalah salah satu cabang mikrobiologi yang mempelajari bentuk, sifat, dan peranan mikroorganisme dalam rantai produksi pangan baik yang menguntungkan maupun yang merugikan seperti kerusakan pangan dan penyebab penyakit bawaan pangan (Sopandi dan Wardah, 2014:2). Rantai produksi pangan yang dimaksud diatas adalah sejak pemanenan, penangkapan, penyembelihan, penanganan, penyimpanan, pengolahan, distribusi, pemasaran, penghidangan hingga pangan siap untuk dikonsumsi. Bidang mikrobiologi pangan sebelum tahun 1970 dikenal sebagai suatu aplikasi ilmu yang terlibat dalam kontrol kualitas mikrobiologis pangan. Bidang mikrobiologi pangan tidak hanya menyangkut aspek mikrobiologi kerusakan, penyakit bawaan, dan kontrol efektif pengolahan pangan, tetapi juga menyangkut informasi dasar ekologi, fisiologi, metabolisme, dan genetika mikroba (Sopandi dan Wardah, 2014:2).

Kelompok mikroorganisme dalam pangan terdiri atas beberapa spesies dan strain bakteri, khamir, kapang, dan virus yang berperan penting dalam pangan karena kemampuannya. Kemampuan tersebut menyebabkan kerusakan dan penyakit bawaan pangan, serta digunakan untuk produksi pangan dan aditif pangan. Menurut Sopandi dan

Wardah (2014:15) di antara 4 kelompok mikroorganisme pangan, bakteri merupakan kelompok terbesar. Hal itu disebabkan karena bakteri dapat berada di hampir semua jenis pangan dengan laju pertumbuhan yang tinggi, bahkan pada pangan yang tidak dapat ditumbuhi oleh khamir dan kapang. Bakteri juga merupakan kelompok mikroorganisme paling penting yang menyebabkan kerusakan pangan dan menimbulkan penyakit bawaan pangan (Sopandi dan Wardah, 2014:16).

## **1.2 SUBSTANSI BAHAN AJAR**

### **1.2.1 Peran mikroorganisme pengolahan hasil pertanian**

Bahan makanan banyak mengandung unsur-unsur penting yang yang banyak dibutuhkan oleh mikroorganisme. Mikroba membutuhkan karbon, vitamin, mineral, nitrogen, fosfat, serta bahan-bahan yang dapat mendorong pertumbuhan mikroba. Selain unsur-unsur diatas, mikroorganisme juga membutuhkan unsur mikro seperti Ca, Mn, Na, Mg, Zn, Co, Fe, dan Cu. Bahan makanan terdiri dari protein, karbohidrat, lemak, vitamin dan mineral. Mikroba dapat membusukkan protein dan menguraikannya menjadi unsur-unsur yang lebih sederhana. Selain itu, mikroorganisme juga dapat memfermentasikan karbohidrat menjadi alkohol, serta menjadikan minyak dan lemak berbau tengik. Beberapa mikroba dapat menyebabkan penyakit dan menghasilkan racun pada makanan sehingga dapat menyebabkan keracunan makanan dikarenakan bakteri atau mikroorganisme tertentu dapat menghasilkan toksin atau racun.

Menurut Pelezarr dan Chan(2012:893), meskipun banyak mikroorganisme tidak berbahaya bagi manusia, beberapa mikroorganisme pencemar dapat mengakibatkan kerusakan, dan yang lain menimbulkan penyakit atau menghasilkan racun yang menyebabkan keracunan makanan. Beberapa mikroorganisme bersi!at menguntungkan= misalnya dapat menghasilkan produk-produk makanan khusus seperti keju dan acar, keduanya enak dimakan dan tidak mudah rusak. Disamping itu mikroorganisme pun dapat merupakan makanan tambahan bagi manusia dan hewan. Sesungguhnya, mikroorganisme bahkan merupakan sumber makanan pilihan yang menarik Dampak positif maupun negatif yang ditimbulkan oleh aktifitas-aktifitas mikroorganisme dapat dirasakan baik secara langsung maupun secara tidak langsung oleh umat manusia. Kerusakan-kerusakan yang terjadi pada makanan merupakan salah satu contoh kerugian yang disebabkan oleh mikroorganisme. hal ini menjadikan perubahan pada makanan baik dari segi rasa, warna, dan bau serta nutrisi yang terkandung didalamnya. Selain itu, mikroorganisme juga memiliki peran yang menguntungkan dalam kehidupan manusia. hal ini sebagaimana pernyataan Pelezar dan Chan diatas, bahwa mikroorganisme dapat digunakan dalam pembuatan produk makanan yang memiliki rasa yang lezat serta memiliki ketahanan yang cukup baik. Keuntungan lain yang diperoleh dari pemanfaatan mikroba adalah makanan tambahan yang berupa mikroba itu sendiri.

Bahan makanan, selain merupakan sumber gizi bagi manusia, juga merupakan sumber makanan bagi mikroorganisme. Pada umumnya bahan makanan merupakan media yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme. Pertumbuhan mikroorganisme dalam bahan pangan dapat menyebabkan perubahan yang menguntungkan seperti perbaikan bahan pangan secara gizi, daya cerna ataupun daya simpannya. Selain itu



pertumbuhan mikroorganisme dalam bahan pangan juga dapat mengakibatkan perubahan fisik atau kimia yang tidak diinginkan, sehingga bahan pangan tersebut tidak layak dikonsumsi (Syarifah, 2002). Kejadian ini biasanya terjadi pada pembusukan bahan pangan. Bahan pangan dapat bertindak sebagai perantara atau substrat untuk pertumbuhan mikroorganisme patogenik dan organisme lain penyebab penyakit.

Irianto (2007) menjelaskan proses-proses peruraian bahan makanan oleh mikroorganisme adalah sebagai berikut.

- a. asam amino → amin → amonia → hidrogen sulfida → Bahan pangan protein → mikroorganisme proteolitik
- b. asam → alkohol gas → Bahan pangan berkarbohidrat → mikroorganisme peragi karbohidrat
- c. asam lemak → gliserol → Bahan pangan berlemak → mikroorganisme lipolitik

Keberadaan mikroorganisme dalam suatu bahan makanan disebabkan karena bahan makanan tersebut mengandung nutrient yang dibutuhkan untuk pertumbuhan bakteri.

Kontaminasi mikroorganisme pada bahan makanan dapat menyebabkan penyakit, seperti tifus, kolera, disentri, atau tbc, yang mudah tersebar melalui bahan makanan. Gangguan-gangguan kesehatan, khususnya gangguan perut akibat keracunan makanan disebabkan, antara lain oleh kebanyakan makan, alergi, kekurangan zat gizi, langsung oleh bahan-bahan kimia, tanaman atau hewan beracun; toksin-toksin yang dihasilkan bakteri; mengonsumsi pangan yang mengandung parasit-parasit hewan dan mikroorganisme. Gangguan-gangguan ini sering dikelompokkan menjadi satu karena memiliki gejala yang hampir sama atau sering tertukar dalam penentuan penyebabnya (Syarifah, 2002).

Sumber-sumber kontaminasi bahan makanan oleh bakteri ada bermacam-macam, antara lain:

- manusia,
- udara,
- makanan mentah,
- hewan,
- serangga,
- buangan,
- debu dan
- kotoran, dan air yang tidak untuk diminum

Manusia membawa bakteri di rambut, telinga, hidung, tenggorokan, usus dan kulit, terutama tangan. Batuk, bersin dan meludah akan memindahkan bakteri. Menggaruk bintik-bintik pada kulit akan menyebarkan mikroba yang berbahaya.

Makanan mentah yang mungkin mengandung bakteri yaitu daging, unggas, buah dan sayuran (terutama sayuran dari dalam tanah), ikan, kerang. Bakteri dari berbagai sumber dapat dipindahkan pada makanan melalui kontak langsung.

Permukaan tempat kerja, pisau, pakaian dan tangan yang tidak dicuci merupakan pembawa untuk memindahkan bakteri ke makanan (kontak tidak langsung). Benda-benda dapat menkontaminasi makanan selama tahap-tahap proses produksi. Bahan kimia, termasuk pestisida, pemutih dan bahan pembersih lainnya dapat

mengkontaminasi makanan apabila tidak digunakan dengan hati-hati. Apabila benda yang berbahaya dimasukkan dalam makanan secara sengaja, ini disebut kontaminasi disengaja dan merupakan tindakan kejahatan (Setyawan, 2008).

Ketika menyimpan makanan, penting untuk melakukan perputaran stok agar makanan yang lama digunakan lebih dulu. Jangan membuat stok makanan yang berlebihan. Makanan kering, makanan dalam botol dan kaleng harus disimpan dalam ruangan yang kering, berventilasi baik, tidak di lantai, dan dalam wadah yang kedap udara apabila perlu. Semua makanan harus disimpan dalam wadah tertutup rapat untuk mencegah kontaminasi (Setyawan, 2008).

### 1.2.2 Jenis – jenis mikroorganisme yang dapat mengkontaminasi pangan

Makanan dapat terkontaminasi oleh berbagai bahan yang bersifat toksik bagi tubuh yang dapat membuat makanan tersebut tidak layak lagi untuk dikonsumsi. Penyakit asal makanan yang disebabkan oleh mikroorganisme dan dipindah sebarakan melalui makanan terjadi melalui dua mekanisme yaitu pertama, mikroorganisme yang terdapat dalam makanan menginfeksi inang sehingga menyebabkan penyakit asal makanan dan kedua, mikroorganisme mengeluarkan eksotoksin dalam makanan dan menyebabkan keracunan makanan bagi yang memakannya. Salah satu kontaminan makanan yang penting untuk diketahui adalah mikotoksin. Mikotoksin adalah zat toksik atau toksin yang dikeluarkan oleh jamur atau fungi.

Selain mikotoksin terdapat beberapa mikroorganisme yang biasanya mengkontaminasi makanan, minuman dan obat tradisional. Mikroorganisme kontaminan yang diuji di laboratorium mikrobiologi adalah:

#### 1. *Coliform*

Kuman Coliform merupakan segolongan besar dan heterogen kuman-kuman batang Gram negatif, yang dalam batas-batas tertentu mirip *Escherichia coli*. Kuman Coliform merupakan sebagian besar flora aerobik usus normal. Di dalam usus, umumnya kuman ini tidak menyebabkan penyakit dan bahkan dapat membantu fungsi usus secara normal. Organisme ini menjadi patogen hanya bila mencapai jaringan di luar saluran pencernaan, khususnya saluran air kemih, saluran empedu, paru-paru, peritonium, atau selaput otak, yang dapat menyebabkan peradangan pada tempat-tempat tersebut. Bila daya tahan normal hospes tidak cukup kuat, khususnya pada bayi yang baru lahir, manusia yang berusia tua, pada stadium terminal penyakit-penyakit lain, maka kuman Coliform dapat mencapai aliran darah dan menyebabkan sepsis .

#### 2. *Staphylococcus aureus*

*Staphylococcus aureus* adalah bakteri Gram positif berbentuk bulat, biasanya tersusun dalam rangkaian tak beraturan seperti anggur. Bakteri ini tidak bergerak, tidak membentuk spora dan tumbuh paling cepat pada suhu 37°C. Koloninya berwarna abu-abu sampai kuning emas.

*Staphylococcus aureus* adalah genus *Staphylococcus* yang menjadi patogen utama bagi manusia. Hampir setiap orang akan mengalami beberapa tipe infeksi *Staphylococcus aureus* sepanjang hidupnya, bervariasi dalam beratnya mulai dari

keracunan makanan atau infeksi kulit ringan sampai infeksi berat yang mengancam jiwa. Salah satu penyebab terjadinya keracunan makanan adalah karena makanan yang dimasak kurang matang .

### 3. *Escherichia coli*

*Escherichia coli* adalah bakteri batang Gram negatif, yang habitat alaminya di saluran usus manusia dan hewan. Koloninya berbentuk bundar, cembung dan halus dengan tepi yang nyata. Di dalam usus, pada umumnya *Escherichia coli* tidak menyebabkan penyakit dan bahkan dapat membantu fungsi usus secara normal. Bakteri ini menjadi patogen hanya bila berada di luar usus atau di tempat lain dimana flora normal jarang terdapat. Tempat yang sering terinfeksi oleh bakteri ini adalah saluran kemih, saluran empedu, dan tempat-tempat lain di rongga perut. *Escherichia coli* menghasilkan enterotoksin yang menyebabkan terjadinya diare.

### 4. *Salmonella*

Infeksi oleh bakteri genus *Salmonella* disebut Salmonellosis. Infeksi ini menyerang saluran gastrointestinal yang mencakup perut, usus halus, dan usus besar atau kolon. Gejala yang ditimbulkan setelah mengkonsumsi makanan yang mengandung *Salmonella* adalah timbul rasa sakit perut yang mendadak dengan diare encer, seringkali mual, muntah dan demam dengan suhu 38°C sampai 39°C. Gejala ini ada hubungannya dengan endotoksin tahan panas yang dihasilkan oleh *Salmonella* .

*Salmonella* mudah tumbuh pada media perbenihan biasa. Bakteri ini membentuk asam dan kadang-kadang gas dari hasil fermentasi glukosa dan manosa dan biasanya membentuk H<sub>2</sub>S. *Salmonella* dapat hidup dalam air beku untuk jangka waktu yang cukup lama, resisten terhadap zat-zat kimia tertentu misalnya hijau brilian, natrium tetrasetat dan natrium deoksikolat yang menghambat bakteri enterik lainnya.

Beberapa spesies *Salmonella* dapat menyebabkan infeksi makanan diantaranya *Salmonella enteritidis* var. *Typhimurium* dan varietas lainnya serta *Salmonella choleraesuis*. Bakteri ini adalah bakteri Gram negatif, motil, tidak membentuk spora, dapat memfermentasi glukosa, tetapi tidak memfermentasi laktosa atau sukrosa.

### 5. *Clostridium perfringens*

*Clostridium perfringens* umumnya terdapat di alam, misalnya dalam daging mentah dan tinja hewan. Bakteri ini juga merupakan penyebab utama keracunan makanan. Keracunan makanan ini paling baik dicegah dengan menghindari penghangatan atau pendinginan makanan yang telah dimasak, secara berkelanjutan.

## 1.2.3 Peran mikroorganisme yang merugikan

### a. Bakteri

1. Penyebab penyakit, tidak baik pada manusia, hewan maupun tumbuhan  
Misalnya *Streptococcus pneumoniae* penyebab *pneumonia* dan *Corynebacterium diphtheriae* penyebab difteri.

2. Penyebab kebusukan makanan (spoilage)

Adanya kebusukan pada makanan dapat disebabkan oleh beberapa jenis bakteri yang tumbuh dalam makanan tersebut. Beberapa di antara mikroorganisme dapat

mengubah rasa beserta aroma dari makanan sehingga dianggap merupakan mikroorganisme pembusuk. Dalam pembusukan daging, mikroorganisme yang menghasilkan enzim proteolitik mampu merombak protein-protein. Pada proses pembusukan sayur dan buah, mikroorganisme pektinolitik mampu merombak bahan-bahan yang mengandung pektin yang terdapat pada dinding sel tumbuhan (Tarigan, 1988). Mikroorganisme seperti bakteri, khamir (yeast) dan kapang (mould) dapat menyebabkan perubahan yang tidak dikehendaki pada penampilan visual, bau, tekstur atau rasa suatu makanan. Mikroorganisme ini dikelompokkan berdasarkan tipe aktivitasnya, seperti proteolitik, lipolitik, dll. Atau berdasarkan kebutuhan hidupnya seperti termofilik, halofilik, dll.

### 3. Penyebab keracunan makanan (food borne disease).

Kusnadi, dkk (2003) menjelaskan bahwa bakteri penghasil racun (enterotoksin atau eksotoksin) dapat mencemari badan air, misalnya spora *Clostridium perfringens*, *C. Botulinum*, *Bacillus cereus*, dan *Vibrio parahaemolyticus*. Spora dapat masuk ke dalam air melalui debu/tanah, kotoran hewan, dan makanan-limbah. Jika makanan atau minuman dan air bersih tercemari air tersebut, maka dalam keadaan yang memungkinkan, bakteri tersebut akan mengeluarkan racun sehingga makanan atau minuman mengandung racun dan bila dikonsumsi dapat menyebabkan keracunan makanan. Bahkan menurut Dwidjoseputro (2005) pada makanan yang telah dipasteurisasi pun juga dapat mengandung racun (toksin). Makanan yang telah dipasteurisasi kemudian terus menerus disimpan di dalam kaleng pada temperatur kamar, dapat mengandung racun yang berasal dari *Clostridium botulinum*. Spora-spora dari bakteri ini tidak mati dalam proses pasteurisasi. Dalam keadaan tertutup (anaerob) dan suhu yang menguntungkan, maka spora-spora tersebut dapat tumbuh menjadi bakteri serta menghasilkan toksin. Racun yang dihasilkan tidak mengganggu alat pencernaan, melainkan mengganggu urat saraf tepi.

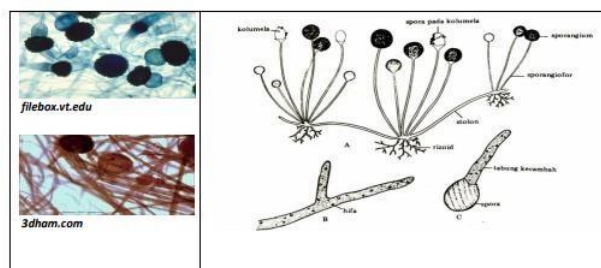
Indeks pangan dapat digolongkan ke dalam dua kelompok: (1) infeksi dimana makanan tidak menunjang pertumbuhan patogen tersebut, misalnya, patogen penyebab tuberkulosis (*Mycobacterium bovis* dan *M. tuberculosis*), brucellosis (*Brucella aortus*, *b. melitensis*), dipteri (*Corynebacterium diphtheriae*), disentri oleh *Campylobacter*, demam tifus, kolera, hepatitis, dan lain-lain; dan (2) infeksi dimana makanan berfungsi sebagai medium kultur untuk pertumbuhan patogen hingga mencapai jumlah yang memadai untuk menimbulkan infeksi bagi konsumsinya makanan tersebut; infeksi ini mencakup *Salmonella spp*, *Listeria*, *vibrioparahaemolyticus*, dan *Escherichia coli* enteropatogenik. Penularan infeksi jenis kedua ini lebih mewabah dari pada jenis-jenis gangguan perut yang lain. Gejala-gejala yang disebabkan infeksi mulai terlihat setelah setelah 12-24 jam dan ditandai dengan sakit perut bagian bawah (abdominal pains), pusing, diare, muntah-muntah, demam dan sakit kepala. Pada tabel 2 disajikan gejala-gejala penyakit yang ditimbulkan oleh bakteri patogen dan waktu inkubasi yang diperlukan untuk menimbulkan gejala.

Beberapa peneliti menyarankan penyakit yang disebabkan oleh *Clostridium perfringens* dan *Bacillus cereus* dikategorikan sebagai intoksikasi karena kedua jenis bakteri dapat memproduksi toksin. Akan tetapi untuk menimbulkan efek keracunan, sejumlah besar sel hidup harus dikonsumsi. Demikian juga *Salmonella* dapat

menghasilkan enterotoksin dan sitotoksin didalam saluran pencernaan. Sebaliknya *Saereus* yang tergolong ke dalam intoksikasi, dapat mengkolonikasi mukosa dalam saluran pencernaan dan menyebabkan diare kronis. Dengan demikian klasifikasi keracunan makanan ini harus digunakan secara hati-hati.

*Mikotoksikosis* biasanya tersebar melalui makanan, sedangkan mikosis tidak melalui makanan tetapi melalui kulit atau lapisan epidermis, rambut dan kuku akibat sentuhan, pakaian, atau terbawa angin.

## b. Kapang (Mold)



Gambar 1.1 Kapang

Kapang adalah sekelompok mikroba yang tergolong dalam fungi dengan ciri khas memiliki filamen (miselium). Kapang termasuk mikroba yang penting dalam mikrobiologi pangan karena selain berperan penting dalam industri makanan, kapang juga banyak menjadi penyebab kerusakan pangan. Kapang adalah fungi multiseluler yang mempunyai filamen dan pertumbuhannya pada makanan mudah dilihat karena penampakannya yang berserabut seperti kapas. Pertumbuhannya mula-mula akan berwarna putih, tetapi jika spora telah timbul akan terbentuk berbagai warna tergantung dari jenis kapang. Selain oleh bakteri, kapang juga dapat menimbulkan penyakit yang dibedakan atas dua golongan, yaitu

- (1) infeksi oleh fungi yang disebut *mikosis* dan
- (2) keracunan yang disebabkan oleh tertelannya metabolik beracun dari fungi atau *mikotoksikosis*.

~Dalam menghindari hal-hal negative yang disebabkan oleh mikroorganisme dapat dilakukan pencegahan-pencegahan seperti Pencegahan kontaminasi pangan seperti yang dianjurkan dalam Setyawan (2008) adalah sebagai berikut:

1. Menyentuh makanan sedikit mungkin.
2. Menghindarkan makanan dari semua sumber bakteri
3. Menutup makanan
4. Menghindarkan hewan dan serangga dari tempat makanan.
5. Membuang sisa makanan dan sampah lain dengan hati-hati.
6. Menjaga tempat sampah tetap tertutup.
7. Menjaga segalanya sebersih mungkin.

### b.1. Beberapa jenis kapang

1. Rhizopus Rhizopus sering disebut kapang roti karena sering tumbuh dan menyebabkan kerusakan pada roti. Selain itu kapang ini juga sering tumbuh pada sayuran dan buah-buahan. Spesies Rhizopus yang sering tumbuh pada roti adalah *R. stolonifer* dan *R. nigricans*. selain merusak makanan, beberapa spesies Rhizopus juga digunakan dalam pembuatan beberapa makanan fermentasi tradisional, misal *R. oligosporus* dan *R. oryzae* yang digunakan dalam fermentasi berbagai macam tempe dan oncom hitam. Ciri-ciri spesifik Rhizopus adalah : a. Hifa nonseptat b. Mempunyai stolon dan rhizoid yang warnanya gelap jika sudah tua c. Sporangiofora tumbuh pada nodus dimana terbentuk juga rhizoid d. Sporangia biasanya besar dan berwarna hitam e. Kolumela agak bulat dan apofisis berbentuk seperti cangkir f. Tidak mempunyai sporangiola g. Membentuk hifa vegetative yang melakukan penetrasi pada substrat dan hifa fertil yang memproduksi sporangia pada ujung sporangiofora. Pertumbuhannya cepat membentuk miselium seperti kapas Lebih jelasnya untuk morfologi Rhizopus dapat dilihat pada gambar di bawah ini :

2. Aspergillus Kapang ini tumbuh baik pada substrat dengan konsentrasi gula dan garam tinggi, oleh karena itu dapat tumbuh pada makanan dengan kadar air rendah. Grup ini mempunyai konidia berwarna hijau, dan membentuk askospora yang terdapat didalam aski perithesia berwarna kuning sampai merah. Grup *A. niger* mempunyai kepala pembawa konidia yang besar yang dipak secara padat, bulat dan berwarna hitam, coklat hitam atau ungu coklat. Konidianya kasar dan mengandung pigmen. Grup *A. flavus-oryzae* termasuk spesies yang penting dalam fermentasi beberapa makanan tradisional dan untuk memproduksi enzim, tetapi kapang dalam grup ini sering menyebabkan kerusakan makanan. *A. oryzae* digunakan dalam fermentasi tahap pertama dalam pembuatan kecap dan tauco. Konidia dalam grup ini berwarna kuning sampai hijau, dan mungkin membentuk sklerotia.

### **c. Khamir (Yeast) Kerusakan yang disebabkan oleh khamir**

Khamir mempunyai kisaran pH pertumbuhan 1.5-8.5. Namun kebanyakan khamir lebih cocok tumbuh pada kondisi asam, yaitu pada pH 4-4.5, sehingga kerusakan oleh khamir lebih mungkin terjadi pada produk-produk asam. Suhu lingkungan yang optimum untuk pertumbuhan khamir adalah 25-30°C dan suhu maksimum 35-47°C. Beberapa khamir dapat tumbuh pada suhu 0°C atau lebih rendah. Khamir tumbuh baik pada kondisi aerobik, tetapi khamir fermentatif dapat tumbuh secara anaerobik meskipun lambat.

Khamir hanya sedikit resisten terhadap pemanasan, dimana kebanyakan khamir dapat terbunuh pada suhu 60°C. Jika makanan kaleng busuk karena pertumbuhan khamir, maka dapat diduga pemanasan makanan tersebut tidak cukup atau kaleng telah bocor. Pada umumnya kebusukan karena khamir disertai dengan pembentukan alkohol dan gas CO<sub>2</sub> yang menyebabkan kaleng menjadi kembung. Khamir dapat membusukkan buah kaleng, jam dan jelly serta dapat menggembungkan kaleng karena produksi CO<sub>2</sub>. Seperti halnya kapang, khamir yang tumbuh pada makanan yang diolah dengan pemanasan tidak menyebabkan penyakit pada manusia.

## Kelompok Khamir (Yeast)

### 1. Kelompok yeast sejati (True yeasts)

Kelompok yeast sejati pada dasarnya termasuk kedalam kelas *Ascomycetes*, dengan ciri memiliki spora. Termasuk kedalam kelompok ini adalah berbagai spesies *Saccharomyces*, *Schizosaccharomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Pichia*, *Hansenula*, *Debaryomyces* dan *Hanseniaspora*. Sedangkan pada kelompok jenis yeast sejati ini spesies yang umum digunakan dalam industri adalah *Saccharomyces cerevisiae* yaitu untuk pembuatan roti, minuman beralkohol, glyserol dan enzim invertase.

### 2. Kelompok yeast yang liar (wild yeast)

Kelompok yeast ini tidak mempunyai spora. *Yeast* liar ini pertumbuhannya terkadang diharapkan ada yang tidak diharapkan dalam suatu fermentasi. Termasuk dalam kelompok yeast ini adalah *Candida*, *Torulopsis*, *Brettanomyces*, *Rhodotorula*, *Trichosporon* dan *Kloeckera*.

### Perbedaan khamir dengan ragi

Khamir adalah mikroorganisme uniseluler yg msk kedlm kingdom fungi, sedangkan Ragi (*starter*) merupakan inokulum yang ditambahkan kedlm suatu substrat shg substrat tsb akan berubah atau mengalami fermentasi.

Contoh : tape & tempe mengandung lebih dari satu jenis mikroorganisme, baik khamir (*saccharomycopsis fibuligera*, *saccharomycopsis malanga*, *pichia burtonii*, *sacharomyces cerevisiae*, dan *candida utilis*), kapang (*amylomyces rouxii*, *mucor sp*) dan bakteri (*pediococcus sp* & *bacillus sp*)

Jadi, ragi ini mengandung lebih dari satu jenis mikroorganisme didalamnya termasuk khamir, kapang dan juga bakteri.

### Manfaat Khamir dalam Produk Pangan

Dengan memperhatikan aktivitas *yeast* yang sangat reaktif dan beragam terhadap bahan makanan, maka dapat dikatakan *yeast* mempunyai potensi yang besar selain sebagai agen fermentasi, dapat memberi perubahan yang sangat signifikan baik dalam rasa, aroma maupun tekstur dari pangan tersebut. Seperti kita lihat selain pada pembuatan roti dan minuman yang beraroma alkohol, atau dari sayur dan buah fermentasi secara umum pemanfaatan *yeast* dalam mengembangkan produk pangan dapat diketahui seperti di bawah ini :

#### ➤ Susu dan produk olahannya

Produk	Yeast spesies
Susu segar, pasteurisasi	<i>Rhodotorula spp.</i> , <i>Candida famata</i> , <i>C. diffluens</i> , <i>C. curvata</i> , <i>Kluyveromyces marxianus</i> , <i>Cryptococcus flavus</i> .
Mentega	<i>Rhodotorula rubra</i> , <i>R. glutinis</i> , <i>Candida famata</i> , <i>C. diffluens</i> , <i>C. lipolytica</i> , <i>Cryptococcus laurentii</i> .
Yogurt	<i>Kluyveromyces marxianus</i> , <i>Candida famata</i> , <i>Debaryomyces hansenii</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Hansenula anomala</i> .
Keju Cottage dan segar	<i>Kluyveromyces marxianus</i> , <i>C. lipolytica</i> , <i>Candida famata</i>

	dan <i>Candida</i> yang lain, <i>Debaryomyces hansenii</i> , <i>Cryptococcus laurentii</i> , <i>Sporobolmyces roseus</i> .
Keju lunak dimatangkan dengan jamur (mold)	<i>Kluyveromyces marxianus</i> , <i>Candida famata</i> , <i>Candida lipolytica</i> , <i>Pichia membranifaciens</i> , <i>P. fermentans</i> , <i>Debaryomyces hansenii</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Zigosaccharomyces rouxii</i> .

#### Daging dan produk olahannya

Produk	Yeast spesies
Daging segar merah dan unggas	<i>Candida spp.</i> , <i>Rhodotorula spp.</i> , <i>Debaryomyces spp.</i> , <i>Trichosporon</i> (jarang diteliti).
Daging Domba beku	<i>Cryptococcus laurentii</i> , <i>Candida zeylanoides</i> , <i>Trichosporon pullulans</i> .
Daging kalkun beku	<i>Cryptococcus laurentii</i> , <i>Candida zeylanoides</i> .
Daging potong atau cincang	<i>Candida lipolytica</i> , <i>C. zeylanoides</i> , <i>C. lambica</i> , <i>C. sake</i> , <i>Cryptococcus laurentii</i> , <i>Debaryomyces hansenii</i> , <i>Pichia membranaefaciens</i> .
Daging yang diolah (sosis, ham)	<i>Debaryomyces hansenii</i> , <i>Candida spp.</i> , <i>Rhodotorula spp.</i>

#### 1.2.4 Peran mikroorganisme yang merugikan

Beberapa bahan makanan yang sampai saat ini dibuat dengan menggunakan mikroorganisme sebagai bahan utama prosesnya, misalnya pembuatan bir dan minuman anggur dengan menggunakan ragi, pembuatan roti dan produk air susu dengan bantuan bakteri asam laktat, dan pembuatan cuka dengan bantuan bakteri cuka. Pengolahan kacang kedelai di beberapa negara banyak yang menggunakan bantuan fungi, ragi, dan bakteri bakteri asam laktat. Bahkan asam laktat dan asam sitrat yang dalam jumlah besar diperlukan oleh industri bahan makanan masing-masing dibuat dengan bantuan asam laktat dan *Aspergillus niger* (Darkuni, 2001).

Beberapa kelompok mikroorganisme dapat digunakan sebagai indikator kualitas makanan. Mikroorganisme ini merupakan kelompok bakteri yang keberadaannya di makanan di atas batasan jumlah tertentu, yang dapat menjadi indikator suatu kondisi yang terekspos yang dapat mengintroduksi organisme hazardous (berbahaya) dan menyebabkan proliferasi spesies patogen ataupun toksigen. Misalnya *E. coli* tipe I, coliform dan fekal streptococci digunakan sebagai indikator penanganan pangan secara tidak higienis, termasuk keberadaan patogen tertentu. Mikroorganisme indikator ini sering digunakan sebagai indikator kualitas mikrobiologi pada pangan. Produksi massa ragi, bakteri dan alga dari media murah mengandung garam nitrogen anorganik, cepat saji, dan menyediakan sumber protein dan senyawa lain yang sering digunakan sebagai makanan tambahan untuk manusia dan hewan.



### a. Contoh Peran Mikroorganisme Pada Keju

Pada pembuatan keju, kelompok bakteri yang dipergunakan adalah bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat yang bisa digunakan adalah *Lactobacillus* dan *Streptococcus*. Ada 4 macam jenis keju, yaitu :

1. Keju sangat keras, contoh: keju Romano, keju Parmesan.
  2. Keju keras, contoh: keju Cheddar, keju Swiss.
  3. Keju setengah lunak, contoh: keju Requefort (keju biru).
  4. Keju lunak, contoh: keju Camembert.
- Proses pembuatan keju diawali dengan pemanasan susu dengan suhu 90°C atau dipasteurisasikan melalui pemanasan sebelum kultur bakteri asam laktat dinokulasikan (ditanam), kemudian didinginkan sampai 30°C.
  - Selanjutnya bakteri asam laktat dicampurkan.
  - Akibat dari kegiatan atau aktivitas bakteri tersebut pH menurun dan susu terpisah menjadi cairan whey dan dadih padat, proses ini disebut pendadihan.
  - Kemudian ditambahkan enzim renin dari lambung sapi muda untuk mengumpulkan dadih.
  - Enzim renin dewasa ini telah digantikan dengan enzim buatan, yaitu klimosin.
  - Dadih yang terbentuk selanjutnya dipanaskan pada temperatur 32°C – 42°C dan ditambah garam, kemudian ditekan untuk membuang air dan disimpan agar matang. Adapun whey yang terbentuk diperas lalu digunakan untuk makanan sapi.

### b. Metabolisme Bakteri Asam Laktat

Bakteri asam laktat berfungsi memfermentasikan laktosa dalam susu menjadi asam laktat menurut reaksi berikut :



Tahapan metabolisme bakteri asam laktat dalam pembuatan keju adalah:



Gambar 1.2 Keju

#### 1. Pengasaman

Susu dipanaskan agar bakteri asam laktat, yaitu *Streptococcus* and *Lactobacillus* dapat tumbuh. Bakteri-bakteri ini memakan laktosa pada susu dan merubahnya menjadi asam laktat. Saat tingkat keasaman meningkat, zat-zat padat dalam susu (protein kasein, lemak, beberapa vitamin dan mineral) menggumpal dan membentuk dadih.

#### 2. Pengentalan

Bakteri rennet ditambahkan ke dalam susu yang dipanaskan yang membuat protein menggumpal dan membagi susu menjadi bagian cair (air dadih) dan padat (dadih). Setelah dipisahkan, air dadih kadang dipakai untuk membuat keju seperti Ricotta dan Cypriot hallumi namun biasanya air dadih tersebut dibuang. Rennet mengubah gula dalam susu menjadi asam dan protein yang ada menjadi dadih. Jumlah bakteri yang dimasukkan dan suhunya sangatlah penting bagi tingkat kepadatan keju. Proses ini memakan waktu antara 10 menit hingga 2 jam, tergantung kepada banyaknya susu dan juga suhu dari susu tersebut.

### 3. Pengolahan dadih

Beberapa keju lunak dipindahkan dengan hati-hati ke dalam cetakan. Sebaliknya pada keju-keju lainnya, dadih diiris dan dicincang menggunakan tangan atau dengan bantuan mesin supaya mengeluarkan lebih banyak air dadih. Semakin kecil potongan dadih maka keju yang dihasilkan semakin padat.

## 1.3 RANGKUMAN

Mikroorganisme merupakan jasad hidup yang mempunyai ukuran sangat kecil (Kusnadi, dkk, 2003). Setiap sel tunggal mikroorganisme memiliki kemampuan untuk melangsungkan aktivitas kehidupan antara lain dapat mengalami pertumbuhan, menghasilkan energi dan bereproduksi dengan sendirinya. Mikrobiologi pangan adalah salah satu cabang mikrobiologi yang mempelajari bentuk, sifat, dan peranan mikroorganisme dalam rantai produksi pangan baik yang menguntungkan maupun yang merugikan seperti kerusakan pangan dan penyebab penyakit bawaan pangan

## 1.4 SOAL LATIHAN

1. Beberapa jenis bakteri, kapang, khamir dianggap penting dalam pangan. Jelaskan contoh bakteri, khamir, kapang yang penting dalam pangan serta mengapa penting untuk pangan?
2. Jelaskan Mengapa bakteri merupakan kelompok mikroorganisme terbesar dalam pangan?
3. Jelaskan jenis jenis bakteri yang dapat mengontaminasi makanan?

## **BAB II**

### **KONTAMINASI MIKROORGANISME PADA PANGAN**

#### **2.1 PENDAHULUAN**

Jaringan bagian dalam tanaman (buah dan sayuran) dan hewani sehat pada dasarnya steril (bebas mikroba). Namun, setelah panen dan diolah kecuali yang diolah secara steril, pangan mengandung berbagai jenis kapang, khamir, bakteri, dan virus. Mikroorganisme masuk ke dalam pangan dari sumber internal dan eksternal, yang berkontak dengan pangan pada waktu proses produksi hingga pangan tersebut dikonsumsi. Struktur permukaan tanaman seperti daun, bunga, buah, umbi, permukaan tubuh, dan saluran pencernaan hewan ternak mengandung bakteri, khamir, dan kapang dalam jumlah yang tinggi. Mikroorganisme, tersebut masuk ke dalam pangan nabati melalui permukaan buah Sayuran, dan biji-bijian, serta pori-pori umbi seperti kentang dan bawang. Sumber kontaminasi mikroorganisme yang masuk ke dalam pangan hewani berasal dari rambut atau bulu, saluran pencernaan (gastrointestinal), saluran pengeluaran urine (urinogenital), saluran respirasi, dan kelenjar susu terutama puting susu ternak perah.

Mikroflora secara alami berada dalam kesetimbangan ekologi inang-nya, dengan tipe dan jumlah yang bervariasi sesuai dengan jenis lokasi geografis dan kondisi lingkungan tanaman atau hewan. Selain mikroorganisme internal, pangan dapat terkontaminasi oleh berbagai mikroorganisme yang berasal dari luar pangan, misalnya dari udara, tanah, kotoran, air, pakan, manusia, aditif pangan, peralatan, kemasan, dan insekta. Jenis dan jumlah mikroba yang masuk ke dalam pangan bervariasi, bergantung pada tingkat sanitasi selama penanganan pangan. Pemahaman sumber kontaminasi mikroorganisme dalam pangan berperan penting dalam mengembangkan metode kontrol masuknya mikroorganisme ke dalam pangan, metode pengolahan untuk membunuh mikroorganisme pangan, dan menentukan kualitas mikrobiologi pangan seperti merancang standar mikrobiologi, spesifikasi pangan, dan aditif pangan.

#### **2.2 SUBTANSI BAHAN AJAR**

##### **2.2.1 Sumber Kontaminasi Mikroorganisme pada Pangan**

Mikroorganismenya dapat ditemukan pada berbagai jenis habitat yang luas, mulai dari perairan laut yang dingin hingga ke daerah yang berair panas (Adams dan Moss, 2008). Terdapat beberapa sumber asal mikroorganisme dalam pangan, yaitu dapat berasal dari buah, sayuran, hewan, udara, tanah, limbah, air, manusia, bahan tambahan pangan, peralatan, dan beberapa sumber lain seperti bahan pengemas, cacing, dan lain-lain.

#### a. Sumber Kontaminasi Buah dan Sayuran

Jaringan dalam pangan nabati pada dasarnya steril, kecuali beberapa sayuran yang mempunyai pori-pori seperti lobak, bawang, dan sayuran berdaun seperti kubis dan sawi (Holt, et al., 1994: Vanderzant dan Sphittstoesser, 1992: Doyel, 1989). Beberapa tanaman yang menghasilkan metabolit yang bersifat sebagai antimikroba alami dapat membatasi kehadiran mikroorganisme dalam pangan. Permukaan buah dan sayuran merupakan tempat kontaminasi mikroorganisme dengan jenis dan jumlah yang bervariasi, bergantung pada kondisi tanah, jenis fertiliser (pupuk), air yang digunakan, dan kualitas udara. Kapang, khamir, bakteri asam laktat, dan bakteri dari genus *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Micrococcus*, *Erwinia*, *Bacillus*, *Clostridium*, dan *Enterobacter* dapat berasal dari sumber tersebut (Ray, 2004: Adams dan Moss, 2008). Patogen, terutama patogen enterik dapat berada dalam buah dan sayuran jika terkontaminasi berbagai jenis mikroorganisme. Penyakit tanaman, kerusakan permukaan buah dan sayuran sebelum, selama, dan sesudah panen, jeda waktu antara panen dan pencucian, serta kondisi penyimpanan dan transportasi yang tidak baik setelah panen dan sebelum pengolahan, dapat meningkatkan jumlah dan jenis mikroba kontaminan. Kondisi penyimpanan yang tidak tepat setelah pengolahan juga dapat meningkatkan jumlah mikroorganisme kontaminan. Metode selama pemeliharaan tanaman seperti penggunaan obat pembasmi hama, penurunan kerusakan selama panen, pencucian cepat dengan kualitas air yang baik untuk menghilangkan tanah dan kotoran lain, serta penyimpanan dalam suhu rendah sebelum dan sesudah pengolahan pangan dapat digunakan untuk mereduksi jumlah mikroba dalam buah dan sayuran.

#### b. Sumber Kontaminasi Mikroorganisme Pangan Hewani

Pangan hewani, termasuk unggas dan ikan dalam kondisi normal dapat membawa berbagai jenis mikroorganisme indigenous dalam saluran pencernaan, respirasi, urogenital, puting susu, pada permukaan kulit, kuku, rambut, dan bulu. Jumlah jenis mikroorganisme tersebut bergantung pada jenis organ, misalnya saluran intestinal dapat berisi jumlah bakteri 10<sup>19</sup> sel/g. Beberapa organ dapat membawa bakteri patogen seperti *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterocolitica*, dan *Listeria monocytogenes* tanpa menunjukkan gejala (Ray, 2004: Adams dan Moss, 2008). Unggas petelur diduga secara asimtom membawa *Salmonella enteritidis* dalam ovarium dan mencemari kuning telur (yolk) selama ovulasi. Ternak yang dalam kondisi sakit, seperti mastitis pada sapi perah, infeksi intestinal, respiratori, dan uterin, serta dalam keadaan cedera dapat mengubah ekologi mikroflora normal. Demikian pula peternakan dengan tingkat sanitasi yang buruk, kebersihan permukaan tubuh (kulit, rambut, bulu, dan ambing), air, dan pakan dapat mengubah kondisi mikroba normal.

Ikan dan kerang juga dapat membawa mikroflora pada sisik, kulit, dan saluran pencernaan. Kualitas air, cara pemberian pakan dan penyakit dapat mengubah jumlah dan jenis mikroba normal. Patogen seperti *Vibrio parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, dan *V. cholerae* mendapat perhatian utama dari sumber kontaminan tersebut (Ray, 2004).

Mikroorganisme perusak dan patogen dapat masuk ke dalam pangan hewani (susu, telur, daging, dan produk ikan) selama produksi dan pengolahan. Susu dapat terkontaminasi material feses pada permukaan ambing, telur selama periode bertelur, daging oleh isi saluran pencernaan selama penyembelihan, dan ikan oleh isi saluran pencernaan selama pengolahan. Kontaminasi pangan hewani dari sumber kontaminan.

material feses dipandang sangat penting karena dapat membawa patogen enteris. Selain patogen enteris dari material feses, daging ternaks, dan unggas juga dapat terkontaminasi oleh beberapa mikroorganisme yang berasal dari kulit, rambut, dan bulu, yaitu *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus* spp., *Propionibacterium* spp., *Corynebacterium* spp. kapang, dan khamir (Ray, 2004: Adam dan Moss, 2008). Pencegahan kontaminasi pangan hewani dari sumber kontaminan tersebut memerlukan sistem peternakan yang efektif, termasuk perkandangan, pemberian pakan, dan air minum yang tidak terkontaminasi. Pengujian patogen pada produk ternak dan penyingkiran ternak pembawa kontaminan, berperan penting untuk menurunkan angka kejadian sakit akibat mikroorganisme patogen dalam pangan. Pencucian karkas dengan air yang berkualitas baik, khususnya penggunaan agen antimikroba dalam air, pencukuran rambut dan bulu, pengeluaran organ saluran pencernaan, urogenital, dan respirasi yang hati-hati tanpa mengontaminasi jaringan lain, serta perlakuan sanitasi yang baik selama penyembelihan dan penanganan produk hasil ternak, dapat mencegah peningkatan jumlah dan jenis mikroba kontaminan hingga batas yang diinginkan. Pembersihan ambing sebelum pemerahan, pendinginan susu setelah pemerahan, pengolahan dan sanitasi berperan penting dalam menurunkan mikroorganisme kontaminan pada susu. Pencucian dan penyimpanan telur yang tepat juga dapat mengurangi jumlah dan jenis mikroba kontaminan pada telur.

Ikan dan produk hewan air harus dipanen dari air tanpa polutan, Sanitasi yang tepat juga harus digunakan selama pengolahan. Ikan dan produk hewan air harus disimpan pada tempat penyimpanan yang tepat, untuk mencegah kontaminasi lebih lanjut dan mencegah pertumbuhan mikroba.

#### c. Sumber Kontaminasi Mikroorganisme dari Udara

Mikroorganisme dapat berada dalam debu dan tetesan Uap air di udara, Mikroorganisme tidak dapat tumbuh pada debu, tetapi dapat berada sementara dan bervariasi bergantung pada kondisi lingkungan. Jumlah mikroorganisme kontaminan dari udara dipengaruhi oleh tingkat kelembaban, ukuran dan jumlah partikel debu, suhu, dan kecepatan udara, serta resistensi mikroorganisme terhadap pengeringan.

Jenis bakteri diudara dipengaruhi oleh kualitas udara, tetapi secara umum didominasi oleh bakteri berbentuk batang dan kokus gram negatif, udara terkontaminasi aerosol yang dihasilkan dari hewan, manusia, kendaraan, pabrik, dan aktivitas lain. Udara di daerah peternakan dapat mengandung jutaan spora actinomycetes/m<sup>3</sup> dan beberapa spesies, seperti *Thermoactinomyces vulgaris* dan *Micropolyspora faeni* dapat menyebabkan penyakit yang dikenal sebagai penyakit paru-paru pada petani. Koloni berpigmen sering ditemukan berasal mikrokokus atau *Corynebacteria* dan koloni putih hingga krem ditemukan dari bakteri aerobik batang pembentuk spora dari genus

Bacillus, serta koloni bakteri berserabut Streptomyces atau genus terkait Actinomycetes (Adam dan Moss, 2008). Bakteri dengan koloni berpigmen dapat melindungi mikroorganisme dari kerusakan oleh radiasi ultraviolet dan sinar matahari. Bakteri yang relatif sederhana dan mempunyai dinding sel tebal seperti bakteri gram positif dapat memberikan perlindungan terhadap pengeringan.

Secara umum, udara yang kering dengan jumlah partikel debu rendah dan suhu tinggi mempunyai jumlah mikroba yang rendah. Spora Bacillus spp., Clostridium spp., kapang, dan sel beberapa bakteri gram positif seperti Micrococcus spp., Sarcina spp., dan khamir dapat berada dominan dalam udara. Namun, jika udara berisi patogen seperti di peternakan atau tanaman yang sedang diobati, berbagai jenis bakteri termasuk patogen dan virus dapat ditularkan melalui udara. Spora Penicillium dan Aspergillus dapat ditemukan di berbagai tempat, Spora Penicillium hanya berdiameter 2-3 mm, bulat atau subbulat (oval), dan cukup ringan sehingga cukup efisien tersebar di turbulensi udara. Kontaminasi mikroba pangan dari udara dapat diturunkan dengan pengeluaran atau pemisahan sumber kontaminan yang potensial, penyaringan udara untuk menghilangkan debu, penggunaan tekanan udara positif, penurunan kelembaban, dan penggunaan sinar ultraviolet (Ray, 2004: Adam dan Moss, 2008).

#### d. Sumber Kontaminasi Mikroorganisme dari Tanah

Tanah, khususnya tanah yang digunakan untuk pertanian dan pemeliharaan ternak mengandung berbagai jenis mikroorganisme. Mikroorganisme dapat tumbuh dan berkembang biak dalam tanah, sehingga jumlahnya sangat tinggi. Beberapa jenis kapang, khamir, dan bakteri dari genus Enterobacter, Pseudomonas, Proteus, Micrococcus, Enterococcus, Bacillus, dan Clostridium dapat masuk ke dalam pangan dari tanah (Ray, 2004). Tanah dapat tercemari oleh material feses dan menjadi sumber bakteri patogen enteris dan virus dalam pangan. Ikan dan produk pangan air yang dipanen dari sedimen, dapat menjadi sumber mikroorganisme termasuk patogen. Berbagai jenis parasit juga dapat masuk ke dalam pangan dari tanah. Pengeluaran tanah dan sedi| men dengan pencucian dan penghindaran kontaminasi tanah dapat mengurangi jumlah mikroorganisme pangan yang berasal dari tanah.

Tanah juga merupakan lingkungan yang sangat kompetitif dengan perubahan karakteristik fisika-kimia yang cepat berubah. Berbagai jenis bakteri dan fungi dalam tanah menanggapi kondisi tersebut dengan menghasilkan struktur tanah, seperti endospora pada Bacillus dan Clostridium, serta klamidospora dan sclerotia pada berbagai fungi yang dapat menahan kekeringan dan fluktuasi suhu. Endospora bakteri tahan terhadap suhu yang tinggi, walaupun germinasi endospora selanjutnya sering dipicu oleh paparan suhu tersebut (Adams dan Moss, 2008).

#### e. Sumber Kontaminasi Mikroorganisme dari Limbah

Limbah organik, terutama ketika digunakan sebagai pupuk tanaman dapat membawa mikroorganisme dan mengontaminasi pangan, terutama bakteri enteropatogenik dan virus. Parasit patogen juga dapat masuk ke dalam pangan dari limbah.

#### f. Sumber Kontaminasi Mikroorganisme dari Air

Lingkungan akuatik, baik air tawar maupun laut mengandung berbagai spesies mikroorganisme bergantung pada habitat tempat mikroorganisme hidup. Bakteri yang

diisolasi dari perairan laut terbuka, sering memiliki kebutuhan fisiologis terhadap garam, tumbuh terbaik pada suhu relatif rendah dari laut, nutrisi yang disesuaikan dengan konsentrasi senyawa organik, dan nitrogen yang tersedia relatif rendah. Bakteri yang berasal dari perairan laut biasanya bakteri oligotrofik psikrofil, dengan persyaratan natrium klorida untuk pertumbuhan optimal. Permukaan ikan yang ditangkap dari air dingin di laut terbuka akan mengandung bakteri yang mencerminkan lingkungan hidupnya. Fungi Ascomycetes, Basidiomycetes, Deuteromycetes, dan Zygomycetes banyak ditemukan di lingkungan perairan (Adam dan Moss, 2008). Air digunakan untuk memproduksi, mengolah, dan pada kondisi tertentu digunakan untuk menyimpan pangan. Air digunakan untuk irigasi pertanian, minuman ternak, pemeliharaan ikan dan hewan air, pencucian, pengolahan (pasteurisasi, pengalengan, dan pendinginan pangan yang dipanaskan), dan penyimpanan pangan seperti menyimpan ikan dalam es, pencucian dan sanitasi peralatan, pengolahan dan transportasi fasilitas. Air juga digunakan sebagai bahan dalam berbagai pangan olahan. Kualitas air akan berpengaruh sangat besar terhadap kualitas see mikroba pangan.

g. Sumber Kontaminasi Mikroorganisme dari Manusia

Selama proses produksi dan konsumsi, pangan akan bersentuhan dengan berbagai orang yang menangani pangan, termasuk dengan orang yang bekerja di pertanian, petugas penanganan pangan di restoran, toko, supermarket, dan di rumah. Manusia dapat menjadi sumber kontaminan mikroorganisme patogen yang selanjutnya menyebabkan penyakit bawaan pangan, khususnya pada pangan siap santap. Tangan dan pakaian yang tidak bersih, serta rambut dapat menjadi sumber utama kontaminasi mikroba pada pangan. Luka ringan dan infeksi pada tangan atau bagian tubuh, serta penyakit yang umum seperti flu, radang tenggorokan, atau stadium awal hepatitis dapat meningkatkan kontaminasi mikroba. Selain itu, bakteri perusak dan patogen pangan seperti *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* serovars, *Shigella* spp., dan *E. coli*, serta hepatitis A dapat masuk ke dalam pangan dari manusia (Ray, 2004). Pelatihan yang tepat mengenai higienis, pemeriksaan kesehatan, dan pemeliharaan sanitasi, serta penggunaan standar etika diperlukan untuk mereduksi kontaminasi yang berasal dari manusia.

h. Sumber Kontaminasi Mikroorganisme dari Bahan Tambahan Pangan

Pangan olahan, bahan pangan, dan aditif pangan mempunyai kualitas yang berbeda. Beberapa aditif pangan dapat menjadi sumber kontaminasi mikroorganisme patogen dan perusak pangan. Berbagai bahan bumbu atau rempah-rempah, secara umum mempunyai populasi kapang dan bakteri berspora yang tinggi. Pati, gula, dan tepung terigu dapat mempunyai spora dari bakteri termofil. Bakteri patogen telah diisolasi dari daging kelapa kering, telur, dan cokelat. Bahan pangan harus diproduksi pada kondisi sanitasi yang baik dan diberi perlakuan antimikroba. Selain itu, perancangan spesifikasi mikroba yang dapat diterima untuk bahan pangan akan mereduksi mikroorganisme kontaminan dari sumber bahan pangan.

i. Sumber Kontaminasi Mikroorganisme dari Peralatan

Berbagai peralatan secara luas digunakan dalam pemanenan, pe. nyembelihan, transportasi, pengolahan, dan penyimpanan pangan, Berbagai jenis mikroorganisme dari udara, bahan baku pangan, air dan personal dapat berada pada peralatan serta

mengkontaminasi pangan. Mikroorganisme dapat berkembang biak dari populasi rendah ke populasi yang tinggi, bergantung pada kondisi lingkungan peralatan (kadar air, nutrisi, dan suhu), serta waktu. Pada penggunaan peralatan yang terus menerus dalam jangka waktu yang lama, mikroorganisme awal akan berkembang biak dan terus menjadi sumber kontaminasi dalam produk.

Bakteri *Salmonella*, *Listeria*, *Escherichia*, *Enterococcus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Clostridium*, *Bacillus* spp, khamir, dan kapang dapat mengontaminasi pangan dari peralatan. Pencucian dan sanitasi yang tepat terhadap peralatan secara terus menerus dapat mereduksi jumlah mikroba pangan.

#### j. Sumber Lain Kontaminasi Mikroorganisme

Pangan dapat terkontaminasi mikroorganisme dari beberapa sumber lain, seperti material pengemas dan pembungkus pangan, wadah, lalat cacing, burung, kandang hewan, dan tikus. Berbagai jenis material pengemas digunakan dalam pangan, tetapi bahan pengemas tersebut umumnya digunakan untuk produk pangan siap konsumsi dan pada beberapa kejadian tanpa dilakukan pemanasan, maka diperlukan standar mikrobiologi yang tepat untuk bahan pengemas. Lalat cacing, burung, dan tikus dalam pengolahan dan penyiapan pangan serta fasilitas penyimpanan harus mendapat perhatian karena dapat membawa mikroorganisme patogen. Kadang hewan atau ternak dapat menjadi sumber bakteri patogen, sehingga harus menjadi perhatian untuk menghindari kontaminasi mikroorganisme dari sumber ini.

### 2.2.2 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroorganisme

Kemampuan mikroorganisme, kecuali virus untuk tumbuh dalam pangan ditentukan dari berbagai faktor yang saling terkait. Pengaruh faktor mandiri dari beberapa faktor yang saling terkait terhadap pertumbuhan mikroba sulit untuk dipelajari. Berbagai faktor yang memengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dalam pangan ditentukan oleh karakteristik fisika-kimia pangan (faktor intrinsik), kondisi lingkungan penyimpanan (faktor ekstrinsik), karakteristik, interaksi antimikroorganisme (faktor implisit), dan faktor pengolahan pangan (Adams dan Moss, 2008).

#### 1.1. Faktor Intrinsik Pangan

Pengaruh masing-masing faktor intrinsik pangan termasuk nutrisi faktor tumbuh, dan penghambat atau antimikroba, a, pH, dan potensi oksidasi-reduksi akan dibahas secara terpisah. Namun, seperti yang dikemukakan sebelumnya, faktor-faktor tersebut dalam sistem pangan berada secara bersama saling berkaitan satu dengan yang lain dan memberi efek terhadap pertumbuhan mikroba dalam kombinasi positif maupun negatif.

##### a. Nutrisi

Pertumbuhan mikroba dicapai melalui sintesis komponen seluler dan energi. Nutrisi yang diperlukan untuk proses ini berasal dari lingkungan sel mikroba. Jika sel mikroba tumbuh dalam pangan, nutrisi tersebut dipasok dari pangan. Komponen yang dapat digunakan sebagai nutrisi mikroba termasuk karbohidrat, protein, lipida, mineral, dan vitamin. Beberapa mikroba dalam pangan dapat memanfaatkan gula, alkohol, dan asam amino sebagai sumber energi (Jay, 2000). Air tidak dianggap sebagai nutrisi,



tetapi sangat penting sebagai media reaksi biokimia yang diperlukan untuk sintesis massa sel dan energi (Ray, 2004).

Hampir semua pangan mengandung 5 kelompok utama nutrisi, baik secara alami maupun yang ditambahkan ke dalam pangan dan masing-masing nutrisi mempunyai jumlah yang sangat bervariasi, sesuai dengan jenis pangan. Secara umum, pangan hewani seperti daging kaya akan protein, lipida, mineral, dan vitamin, tetapi rendah kandungan karbohidrat. Pangan nabati kaya karbohidrat, tetapi rendah kandungan protein, mineral, dan beberapa vitamin. Beberapa pangan seperti susu dan pangan olahan mengandung 5 nutrisi utama dalam jumlah yang Cukup untuk pertumbuhan mikroba.

Mikroorganisme alami dalam pangan membutuhkan nutrisi yang bervariasi. Bakteri mempunyai kebutuhan nutrisi paling tinggi yang diikuti oleh khamir dan kapang (Ray, 2004). Mikroorganisme juga mempunyai kemampuan yang berbeda dalam hal memanfaatkan molekul karbohidrat yang berukuran besar dan kompleks seperti pati dan selulosa, protein bermolekul besar seperti kasein dalam susu, dan lipida. Mikroorganisme mampu memanfaatkan molekul tersebut karena dapat memproduksi enzim ekstraseluler spesifik, atau koenzim yang akan menghidrolisis molekul kompleks menjadi molekul bentuk yang sederhana di luar sel sebelum ditranspor ke dalam sel. Kapang mempunyai kemampuan paling tinggi untuk memetabolisme, Molekul yang berukuran besar dan kompleks, sehingga mempunyai kesempatan tinggi untuk tumbuh dalam populasi campuran (Ray, 2004) Setelah kematian dan lisis, sel mikroba mengeluarkan enzim intraseluler, yang juga mengkatalisis pemecahan kompleks nutrisi pangan menjadi molekul bentuk sederhana, kemudian dapat dimanfaatkan Oleh mikroorganisme lain.

Karbohidrat Komposisi karbohidrat utama dalam pangan bervariasi, dapat berasal dari karbohidrat alami pangan atau ditambahkan ke dalam pangan Karbohidrat pangan dikelompokkan berdasarkan jumlah karbop dalam molekul, yaitu: (1) Monosakarida terdiri atas heksosa (glukosa fruktosa, mannososa, dan galaktosa), pentosa (silosa, arabinosa, ribosa ribulosa, dan silulosa): (2) Disakarida terdiri atas laktosa (galaktosa dan glukosa), sukrosa (fruktosa dan glukosa), maltosa (glukosa dan glukosa): (3) Oligosakarida terdiri atas rafinosa (glukosa, fruktosa, dan galaktosa), Polisakarida terdiri atas pati (banyak unit glukosa), glikogen (banyak unit glukosa), selulosa (banyak unit glukosa), inulin (banyak unit fruktosa) hemiselulosa (silosa, galaktosa, dan unit manosa), dekstran (polimer — @-1,6 glukosa), pektin, gum, dan musilago.

Laktosa ditemukan hanya terdapat pada susu, sehingga dapat berada dalam pangan yang terbuat dari susu dan produk olahan susu. Glikogen berada dalam jaringan hewan, khususnya hati (liver). Pentosa dan kebanyakan polisakarida secara alami berada dalam pangan nabati. Semua mikroorganisme secara alami dapat memetabolisme glukosa dalam pangan, tetapi kemampuan mikroorganisme berbeda untuk memanfaatkan karbohidrat yang lain. Hal tersebut disebabkan oleh ketidakmampuan dari beberapa mikroorganisme untuk mentranspor Monosakarida dan disakarida spesifik di dalam sel, serta ketidakmampuan mikroba untuk menghidrolisis polisakarida di luar sel. Kapang Kebanyakan mampu memanfaatkan polisakarida. Karbohidrat pangan dimetabolisme oleh mikroorganisme, pada dasarnya untuk memenuhi kebutuhan energi melalui

beberapa jalur metabolisme. Beberapa produk metabolit dapat digunakan untuk sintesis komponen seluler mikroorganisme, misalnya hasil metabolisme asam amino digunakan untuk aminasi beberapa asam keto. Mikroorganisme juga memproduksi produk ikutan (by-products) metabolit yang berkaitan dengan kerusakan pangan, seperti CO<sub>2</sub>, atau digunakan untuk pengolahan pangan secara biologi, misalnya asam laktat dalam fermentasi pangan. Beberapa mikroorganisme menghasilkan asam organik, seperti asam laktat, asetat, propionat, dan asam butirat yang mempunyai efek antagonistik terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup beberapa bakteri.

Mikroorganisme dapat melakukan polimerisasi beberapa monosakarida untuk menghasilkan karbohidrat kompleks, seperti dekstran, material kapsular, dan dinding sel khususnya membran luar dan tengah bakteri gram negatif (Ray, 2004). Beberapa karbohidrat tersebut dapat menyebabkan permasalahan kesehatan, misalnya pembentukan protein kompleks, kerusakan pangan seperti terbentuknya lendir dalam pangan, dan beberapa dapat digunakan untuk produksi pangan seperti dekstran sebagai stabiliser pangan. Profil metabolisme karbohidrat oleh mikroba secara intensif digunakan di laboratorium, untuk identifikasi secara biokimia dari mikroorganisme yang belum diketahui dan telah diisolasi dari pangan. |

#### **b. Protein**

Komponen protein utama dalam pangan adalah protein sederhana, protein konjugasi, peptida, komponen nitrogen nonprotein (NPN) Seperti asam amino, urea, amonia (NH<sub>3</sub>), keratin, dan trimetilamin. Protein dan peptida adalah polimer dari berbagai asam amino tanpa atau dengan komponen organik lain, seperti karbohidrat atau inorganik seperti besi dan mengandung nitrogen sekitar 15-18% Protein sederhana adalah polimer asam amino seperti albumin dalam telur, globulin dalam Susu, glutelin dalam biji-bijian, prolamin dalam biji-bijian, dan albuminoid dalam kolagen otot.

Solubilitas antarprotein berbeda dan akan menentukan kemampuan, mikroorganisme untuk memanfaatkan protein spesifik. Beberapa mikroorganisme dapat menghidrolisis albumin yang larut dalam air. Sebaliknya, kolagen tidak larut dalam air, sedikit larut dalam Garam terlarut dalam asam, dan dapat dihidrolisis oleh beberapa mikroorganisme. Protein konjugasi dalam hidrolisis pangan menghasilkan, logam atau metaloprotein seperti hemoglobin dan mioglobin, karbohidrat (glikoprotein) seperti mucin, fosfat (fosfoprotein) seperti kasein dan lipida (lipoprotein) seperti dalam hati (Ray, 2004). Kandungan protein dalam pangan hewani lebih tinggi daripada pangan nabati, tetapi pangan nabati seperti kacang dan legum kaya dengan protein. Protein dapat digunakan sebagai bahan tambahan pangan Asam amino merupakan sumber nitrogen utama yang dimanfaatkan oleh mikroorganisme heterotrofik (Jay, 2000). Mikroorganisme mempunyai kemampuan yang berbeda dalam memetabolisme protein pangan. Beberapa mikroba dapat memanfaatkan nukleotida dan asam amino bebas, serta mikroba lain mampu memanfaatkan peptida dan protein. Kebanyakan transpor asam amino dan peptida kecil dilakukan dalam sel, seperti yang dilakukan oleh beberapa *Lactococcus* spp. Mikroorganisme juga dapat menghasilkan enzim proteinase dan peptidase ekstraseluler, untuk menghidrolisis protein dan peptida yang berukuran besar menjadi asam amino dan peptida berukuran kecil sebelum ditranspor ke dalam sel. Protein terlarut (protein solubel) lebih mudah dihidrolisis jika dibandingkan dengan protein

tidak terlarut (protein insolubel). Hidrolisis protein pangan dapat menghasilkan produk pangan yang tidak diinginkan, seperti kehilangan tekstur pada daging atau flavor yang diinginkan dalam keju. Mikroorganisme juga dapat memetabolisme berbagai komponen NPN dalam pangan. Asam amino dalam sel mikroba dimetabolisme melalui berbagai jalur untuk mensintesis komponen seluler, energi, dan produk ikutan. Beberapa produk ikutan yang tidak diinginkan, seperti NH<sub>3</sub>, dan H<sub>2</sub>S dapat menyebabkan kerusakan pangan, toksin, dan amin yang sering menyebabkan masalah kesehatan atau komponen yang diinginkan, seperti beberapa komponen sulfur yang memberi flavor pahit pada keju. Produksi komponen metabolik spesifik dapat digunakan di laboratorium, untuk mengidentifikasi isolat mikroba dalam pangan, Sebagai contoh *Escherichia coli* dapat menghasilkan indol dari triptofan yang digunakan untuk mengidentifikasi spesies dari spesies bakteri yang tidak menghasilkan indol seperti *Enterobacter* spp.

#### **c. Lipida**

Lipida dalam pangan termasuk komponen yang diekstraksi oleh pelarut organik seperti asam lemak bebas, gliserida, fosfolipida, waks (malam), dan sterol. Lipida dalam pangan hewani relatif lebih tinggi dibandingkan dengan pangan nabati, walaupun demikian kacang beberapa jenis biji, daging kelapa, dan zaitun mempunyai kadar lipida yang tinggi. Kolesterol berada dalam pangan hewani atau pangan yang mengandung bahan tambahan yang berasal dari sumber hewan. Lipida secara umum merupakan substrat yang kurang disukai mikroba untuk Sintesis energi dan komponen selular mikroba (Ray, 2004). Beberapa mikroorganismes dapat memproduksi lipase ekstraseluler yang digunakan untuk menghidrolisis gliserida menjadi asam lemak dan gliserol. Asam lemak ditransportasikan dalam sel dan digunakan untuk sintesis energi, pada gliserol dimetabolisme secara terpisah. Beberapa mikroorganisme juga memproduksi enzim oksidase lipid yang mengoksidasi asam lemak tidak jenuh, sehingga menghasilkan aldehid dan keton.

Secara umum, kapang lebih mampu memproduksi enzim lipase, walaupun demikian kelompok bakteri tertentu seperti *Pseudomonas*, *Achromobacter*, dan *Atcaligenes* juga dapat memproduksi enzim tersebut. Lisis sel mikroba dalam pangan dapat melepaskan enzim lipase dan oksidase intraseluler. Aktivitas enzim kapang dalam beberapa pangan berkaitan dengan kerusakan pangan, seperti ransiditas yang menyebabkan flavor yang tidak menyenangkan. Beberapa bakteri menguntungkan dalam intestinal seperti *Lactobacillus acidophilus* dapat memetabolisme kolesterol dan dipercaya dapat mereduks kandungan serum kolesterol pada manusia.

#### **d. Mineral dan Vitamin**

Mikroorganisme memerlukan beberapa elemen dalam jumlah kecil seperti fosfor, kalsium, magnesium, besi, sulfur, mangan, dan kalsium. Kebanyakan pangan mempunyai elemen tersebut dalam jumlah yang cukup banyak. Beberapa mikroorganisme dapat menyintesis vitamin B yang terdapat dalam pangan. Secara umum, pangan mengandung jumlah karbohidrat, protein, lipida, mineral, dan vitamin yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan nutrisi pertumbuhan kapang, khamir dan bakteri, khususnya bakteri gram negatif yang secara alami berada dalam pangan.

Beberapa pangan mempunyai satu atau beberapa nutrisi dalam jumlah terbatas untuk pertumbuhan beberapa bakteri gram positif, khususnya beberapa spesies *Lactobacillus* yang sensitif. Beberapa karbohidrat, asam amino esensial, dan vitamin B dapat ditambahkan ke dalam pangan untuk memperoleh kecepatan pertumbuhan mikroorganisme yang diinginkan. Keterbatasan elemen nutrisi dalam pangan dapat digunakan untuk mengontrol pertumbuhan mikroba.

#### **e. Faktor Tumbuh dan Inhibitor**

Pangan juga dapat mengandung beberapa faktor yang menstimulasi atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Faktor tumbuh alami belum diketahui pasti, tetapi faktor tersebut secara alami berada dalam beberapa pangan. Faktor tersebut dapat ditambahkan ke dalam bahan baku pangan, selama pengolahan pangan secara biologi atau sebagai media untuk mengisolasi beberapa bakteri sensitif dari beberapa pangan. Pangan juga mengandung beberapa bahan kimia alami atau tambahan yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba. Beberapa inhibitor alami seperti lisozim dalam telur, aglutinin dalam susu, dan eugenol dalam tanaman cengkih. Aktivitas inhibitor bergantung pada mekanisme aksi, dapat mencegah atau mereduksi pertumbuhan atau mematikan mikroorganisme.

Berbagai kontituen jaringan tanaman seperti pigmen, alkaloid, dan resin mempunyai sifat antimikroba, tetapi dalam praktik digunakan secara terbatas. Asam benzoat dan sorbat ditemukan dalam kranberi dan mulai digunakan sebagai bahan pengawet pangan. Komponen aroma dan flavor tanaman yang diketahui sebagai lemak esensial, seperti alisin dalam bawang putih, eugenol dari cengkih, dan lainlain mempunyai aktivitas antimikroba yang signifikan. Pangan hewani tertentujuga diketahui mempunyai komponen yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dalam pangan. Putih telur atau albumen diketahui dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Susu dan telur mengandung lisozim yang menghidrolisis ikatan glikosidik peptidoglikan, yang merupakan struktur polimer penanggung jawab kekuatan dan kekakuan dinding sel bakteri. Destruksi atau pelemahan lapisan dinding sel menyebabkan sel pecah (lisis) pada tekanan osmotik. Lisozim lebih aktif melawan bakteri gram negatif, sehingga peptidoglikan mudah ditembus, tetapi lisozim juga dapat membunuh bakteri gram negatif jika membran luar yang menjadi pelindung bakteri rusak (Adams dan Moss, 2008).

#### **f. Aktivitas Air**

Secara konvensional, air dalam pangan dibagi menjadi 3, yaitu (1) air terikat secara kimia, (2) air terikat secara fisik, dan (3) air bebas. Air yang terikat secara kimia adalah air kristal yang terikat sebagai molekulmolekul dalam bentuk H<sub>2</sub>O dan air konstitusi yang merupakan bagian dari molekul padatan tertentu. Terdapat 3 jenis air yang terikat secara fisik, yaitu: (1) Air kapiler yang terikat dalam rongga-rongga jaringan kapiler halus dari bahan pangan, (2) Air terlarut dalam bahan padat ya bila diuapkan dari bahan pangan, maka air tersebut harus berdifusi dy bagian dalam melalui bahan padat: dan (3) Air adsorpsi, yaitu air ya terikat pada permukaan, yang merupakan keseimbangan dari uap 3, yang ada di udara sekeliling, sehingga jumlahnya dipengaruhi Oleh kelembapan dan suhu lingkungan. Air bebas (aktivitas air), yaitu jumla air bebas dalam bahan pangan yang dapat digunakan mikroba unty hidup. Aktivitas air atau water

activity ( $a_w$ ) adalah ukuran ketersediaan air untuk, fungsi biologis mikroorganisme dan berhubungan dengan keberadaan air bebas dalam pangan. Air total atau kadar air dalam sistem pangan dapat berada dalam bentuk bebas atau terikat. Air terikat adalah fraksi yang digunakan untuk menghidrasi molekul hidrofilik dan melarutkan solut, serta tidak tersedia untuk fungsi biologis. Aktivitas air pangan dapat diekspresikan sebagai rasio tekanan uap air pangan ( $P < 1$ ) dengan air murni ( $P_0 = 1$ ) melalui rumus  $P_0/P$ . Aktivitas air berkisar antara 0-1 atau  $\geq 0 - \leq 1$ , karena tidak ada pangan yang mempunyai aktivitas air 0 atau 1, yang pada umumnya berkisar antara 0,1-0,99. Aktivitas air pangan dapat ditentukan dari kesetimbangan kelembapan relatif (ERH) dibagi 100 (Sperber, 1983; Troller, 1986; Beuchat, 1983; Christian, 1980).

Nilai  $a_w$ , beberapa kelompok pangan seperti biji-bijian, kue kering, gula, garam, susu bubuk sekitar 0,10-0,20; mie, madu, coklat, dan telur bubuk <0,60; jam, jelly, buah-buahan kering, keju, dan kacang-kacangan 0,60-0,85; sosis fermentasi, daging curing kering, susu kental manis, sirop maple 0,85-0,93; susu evaporasi, pasta tomat, roti, jus buah, ikan asin, sosis, keju olahan 0,93-0,98; serta daging segar, ikan buah-buahan, sayuran, susu dan telur 0,98-0,99 (Sperber, 1983; Troller 1986; Beuchat, 1983; Christian, 1980). Aktivitas air pangan dapat direduksi dengan mengeluarkan air (desorpsi) dan meningkatkan adsorpsi air.

## 1.2. Faktor Ekstrinsik Pangan

Faktor ekstrinsik berperan penting dalam pertumbuhan mikroba pada pangan termasuk kondisi lingkungan tempat penyimpanan. Suhu, kelembapan relatif, dan gas dalam lingkungan termasuk faktor ekstrinsik pangan.

### a. Kelembapan Relatif

Kelembapan relatif berhubungan dengan  $a_w$ . Kelembapan relatif adalah ukuran aktivitas air pada fase gas. Air akan dipindahkan dari fase gas ke pangan dengan  $a_w$  rendah yang disimpan dalam lingkungan yang mempunyai kelembapan relatif tinggi. Proses peningkatan  $a_w$  tersebut memerlukan waktu lama, tetapi pada permukaan pangan akan terjadi kondensasi sehingga di lokasi tertentu  $a_w$  tinggi. Daerah yang mempunyai  $a_w$  tinggi dapat menjadi tempat memulai pertumbuhan mikroorganisme (Adams dan Moss, 2008). Pangan yang mempunyai permukaan mudah mengalami kerusakan oleh kapang, khamir, dan beberapa bakteri harus disimpan pada kondisi kelembapan relatif rendah (Ay, 2000).

### b. Suhu

Pertumbuhan mikroba dilakukan melalui reaksi enzimatik. Telah diketahui bahwa setiap peningkatan suhu  $10^\circ\text{C}$  dapat mengkatalisis laju reaksi menjadi 2 kali dan reaksi enzimatik akan menurun setengahnya karena setiap penurunan suhu  $10^\circ\text{C}$ . Perubahan laju reaksi tersebut berhubungan dengan kisaran pertumbuhan, karena suhu berpengaruh terhadap reaksi enzimatik (Olson dan Nottingham, 1980). Pangan dapat terpapar oleh berbagai suhu yang berbeda sejak mulai waktu produksi hingga waktu pangan tersebut dikonsumsi. Paparan suhu bergantung pada kondisi pengolahan, pangan dapat terpapar panas tinggi mulai dari suhu  $65^\circ\text{C}$  pada daging panggang hingga lebih dari suhu  $100^\circ\text{C}$  pada pengolahan pangan dengan suhu sangat tinggi. Pangan dapat disimpan dalam jangka waktu cukup lama pada suhu 5 (refrigerasi) sampai  $-20^\circ\text{C}$  atau lebih rendah (pembekuan). Beberapa pangan juga stabil pada suhu penyimpanan antara  $10-35^\circ\text{C}$ .

Beberapa pangan siap santap yang disimpan pada suhu hangat (50-60°C hanya mempunyai masa simpan beberapa jam. Perbedaan suhu juga digunakan untuk menstimulasi pertumbuhan mikroba yang diinginkan dalam pangan fermentasi.

**Tabel 4.1** Suhu pertumbuhan mikroorganisme

Kelompok mikroorganisme	Suhu (°C)		
	Minimum	Optimum	Maksimum
Termofil	40-45	55-75	60-90
Mesofil	5-15	30-40	40-47
Psikrofil (obligat)	-5 sampai +5	12-15	15-20
Psikrofil (fakultatif)	-5 sampai +5	25-30	30-45

Sumber: Adams dan Moss (2008).

Mikroorganisme penting dalam pangan dibagi dalam beberapa kelompok, seperti yang disajikan pada tabel 4.1. Namun, pengelompokan tersebut sering tidak jelas dan tumpang tindih satu dengan yang lain. Terdapat 2 istilah lain yang digunakan dalam mikrobiologi pangan yang sangat penting, dan mengacu pada pertumbuhan mikroba pada suhu refrigerasi (dingin), serta mikroorganisme yang dapat bertahan hidup pada perlakuan panas rendah atau pasteurisasi karena kedua metode tersebut secara luas digunakan dalam penyimpanan dan pengolahan pangan. Psikrotrof adalah mikroorganisme yang tumbuh pada suhu refrigerasi (0-5°C) dengan mengabaikan kisaran suhu optimum pertumbuhan. Psikrotrof pada umumnya dapat tumbuh dengan cepat pada suhu antara 10-30°C. Kapang, khamir, dan beberapa bakteri gram negatif dari genus *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Yersinia*, *Serratia*, *Aeromonas*, bakteri gram positif dari genus *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Clostridium*, dan *Listeria* termasuk dalam kelompok psikrotrof. Mikroorganisme yang dapat bertahan hidup pada suhu pasteurisasi disebut termodurik. Spesies dari genus *Micrococcus*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Pediococcus*, dan *Enterococcus*, serta bakteri pembentuk spora termasuk dalam kelompok termodurik. Termodurik mempunyai suhu pertumbuhan yang berbeda, beberapa dapat tumbuh pada suhu refrigerasi dan beberapa termodurik yang lama dapat tumbuh sebagai termofilik (Ray, 2004).

Sel akan cepat mati pada pangan yang terpapar oleh suhu tinggi, di atas suhu maksimum untuk pertumbuhan dan relatif lebih lambat pada pangan yang terpapar suhu rendah, di bawah suhu minimum untuk pertumbuhan, Pertumbuhan mikroba dan viabilitas berperan penting dalam usaha penurunan jumlah mikroorganisme pembusuk pangan, serta membunuh mikroorganisme patogen. Suhu untuk pertumbuhan juga efektif digunakan untuk penghitungan dan Isolasi mikroorganisme dalam pangan secara laboratorium.

c. Gas Atmosfer

Atmosfer mengandung sekitar 21% oksigen yang merupakan komposisi gas

penting yang kontak dengan pangan normal. Komposisi gas di atmosfer berpengaruh terhadap potensial redoks, serta menentukan perkembangan dan laju pertumbuhan mikroorganisme dalam pangan. Efek penghambatan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) terhadap pertumbuhan mikroba telah diaplikasikan dalam pengemasan pangan, dengan modifikasi atmosfer dan digunakan untuk meningkatkan tekanan (hiperbarik) dalam air mineral dan minuman ringan. Karbon dioksida mempunyai efek yang berbeda terhadap mikroorganisme. Kapang dan bakteri gram negatif oksidatif lebih sensitif, tetapi bakteri gram positif khususnya laktobacilli cenderung lebih resistan.

Beberapa khamir seperti *Brettanomyces* spp. juga memperlihatkan toleransi terhadap kadar  $\text{CO}_2$  yang tinggi dan mendominasi mikroflora yang menyebabkan kerusakan pangan yang dikarbonasi, Penghambatan pertumbuhan umumnya lebih tinggi pada kondisi aerobik jika dibandingkan dengan kondisi anaerobik, serta efek penghambatan akan meningkat dengan penurunan suhu, Mekanisme penghambatan  $\text{CO}_2$  merupakan kombinasi dari beberapa proses, walaupun kontribusi yang tepat secara mandiri belum ditentukan (Adams dan Moss, 2008). Salah satu faktor yang sering diidentifikasi adalah efek  $\text{CO}_2$  terhadap pH. Karbon dioksida terlarut dalam air dan menghasilkan asam karbonat yang secara parsial berdisosiasi ke dalam anion dan proton bikarbonat. Asam karbonat merupakan asam lemah yang dapat menurunkan pH pangan. Air destilasi dalam kesetimbangan  $\text{CO}_2$  dengan kondisi atmosfer normal dapat mempunyai nilai pH sekitar 5. Karbon dioksida dan air dapat bertindak sebagai asam lemah yang melakukan penetrasi ke dalam membran plasma dan menurunkan pH bagian interior sel. Faktor lain yang berkontribusi pada penghambatan  $\text{CO}_2$  terhadap pertumbuhan mikroorganisme adalah perubahan karakteristik fisik membran plasma, penghambatan aktivitas enzim khususnya pada reaksi karboksilasi atau dekarboksilasi, di mana  $\text{CO}_2$  sebagai reaktan. Karbon dioksida juga dapat bereaksi dengan asam amino yang dapat menyebabkan perubahan karakteristik dan aktivitas asam amino (Adams dan Moss, 2008).

#### d. Faktor Implisit

Faktor ketiga yang berperan penting terhadap pertumbuhan mikroorganisme dalam pangan adalah faktor implisit, yaitu karakteristik mikroorganisme dalam memberi respons terhadap lingkungan dan interaksi antar mikroorganisme (Adams dan Moss, 2008). Secara sederhana, laju pertumbuhan spesifik suatu organisme menentukan peran dalam mikroflora pangan. Mikroorganisme yang mempunyai laju pertumbuhan spesifik tinggi akan mendominasi populasi dalam pangan Untuk waktu yang lama. Beberapa jenis kapang dapat tumbuh dengan baik pada pangan segar seperti daging, tetapi pertumbuhan kapang tersebut lebih lambat dibandingkan pertumbuhan bakteri, sehingga kapang tersebut tidak dapat berkompetisi. Laju pertumbuhan bakteri yang tinggi dalam pangan dapat dihambat oleh beberapa faktor, seperti penurunan pH dan pH atau aw sehingga kapang dapat berperan dalam menyebabkan kerusakan pangan. Dua jenis mikroorganisme dapat mempunyai laju pertumbuhan spesifik yang hampir sama tetapi berbeda dalam afinitasnya terhadap substrat. Mikroorganisma yang mempunyai afinitas rendah akan kalah bersaing dengan mikro. organisme lain. Meskipun demikian, respons tersebut bergantung pada status fisiologis mikroorganisme. Sel yang sedang mengalami fase per. tumbuhan ekponensial hampir selalu lebih mudah dibunuh oleh panas pH

rendah atau antimikroba dibandingkan sel yang berada pada fase stasioner.

### **2.3 RANGKUMAN**

Lingkungan fisik dan kimia, serta status fisiologis menentukan pertumbuhan mikroba dalam kisaran pertumbuhan, terutama dengan memengaruhi proses metabolisme yang terkait dengan sintesis energi dan komponen seluler. Di luar kisaran pertumbuhan, faktor-faktor ini, baik secara individual maupun dalam kombinasi, dapat digunakan untuk mengontrol pertumbuhan bahkan untuk mematikan mikroba. Pertumbuhan aktual dicapai melalui metabolisme berbagai nutrisi yang berada dalam pangan. Proses di mana nutrisi pangan diangkut dalam sel mikroba, kemudian dimetabolisme untuk menghasilkan energi, molekul seluler, dan produk.

Kajian mengenai pertumbuhan mikroba dapat memberi informasi dasar yang penting untuk memahami mekanisme kerusakan pangan, penyakit bawaan pangan, pengolahan pangan biologis, pengembangan dan deteksi strain yang diinginkan dalam pangan. Mikroorganisme dapat berada dalam biakan campuran dalam pangan dan dapat berinteraksi satu sama lain selama pertumbuhan. Pertumbuhan mikroorganisme dipengaruhi oleh lingkungan intrinsik dan ekstrinsik pangan.

### **2.4 SOAL LATIHAN**

1. Tentukan waktu generasi dari pertumbuhan bakteri, jika kultur murni bakteri dalam populasi yang diinkubasi pada 35<sup>0</sup> C dalam media kaya nutrisi meningkat, dari 2,5 x 10<sup>2</sup>/ml menjadi 5 x 10<sup>6</sup>/ ml dalam waktu 300 menit, apa yang dimaksud dengan waktu generasi tersebut?
2. Mikroorganisme hadir dalam pangan sebagai populasi campuran, apa kelemahan situasi ini jika hasil penelitian biakan murni akan diterapkan dalam sistem pangan?
3. Apa nutrisi utama dalam pangan yang akan dimetabolisme oleh mikroorganisme? Sebutkan kelompok utama karbohidrat dalam pangan!
4. Jelaskan cara bakteri dapat memetabolisme molekul besar karbohidrat, protein, dan lipid! Apa perbedaan metabolisme kapang dan bakteri dalam metabolisme molekul tersebut?
5. Jelaskan pentingnya aktivitas air pertumbuhan mikroba! Bagaimana perbedaan kebutuhan minimum a<sub>w</sub>, mikroorganisme halofilik, osmofilik, dan serofilik?
6. Bagaimana pengelompokan mikroorganisme berdasarkan suhu pertumbuhan dan kelangsungan hidup mikroorganisma termofilik dalam pangan yang disimpan dingin?



## BAB III

### ANALISIS MIKROBIOLOGI PENGOLAHAN HASIL PERTANIAN

#### 3.1 PENDAHULUAN

Analisis mikrobiologi pengolahan hasil pertanian adalah analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi mikroorganisme pada sampel uji pangan melalui pengujian laboratorium. Pengujian laboratorium dilakukan dalam rangka pengawasan mutu secara mikrobiologis untuk menghitung jumlah koloni, mengisolasi, dan mengidentifikasi cemaran bakteri patogen yang mungkin ada (Sudian, 2008:3). Pengujian sampel makanan akan selalu mengacu kepada persyaratan makanan yang sudah ditetapkan. Secara umum, beberapa parameter uji mikrobiologi pada makanan yang dipersyaratkan terdiri dari: (1) Uji angka lempeng total; (2) Uji angka kapang khamir; (3) Uji angka bakteri termofilik; (4) Uji angka bakteri pembentuk spora; (5) Uji angka bakteri anaerob; (6) Uji angka *Staphylococcus aureus*; (7) Uji angka *Enterobacteriaceae*; (8) Uji MPN *Coliform*; (9) Uji MPN fekal *Coliform*; (10) Uji MPN *Escherichia coli*; (11) Uji angka *Escherichia coli*; (12) Identifikasi *Escherichia coli*; (13) Identifikasi *Staphylococcus aureus*; (14) Identifikasi *Salmonella*; dan (15) Identifikasi *Shigella* (Sudian, 2008:4). Menurut Sudian (2008:5) metode-metode yang digunakan untuk pengujian mikrobiologi pangan yang ditentukan oleh persyaratan yang diacu adalah sebagai berikut.

#### 3.2 SUBSTANSI BAHAN AJAR

##### 3.2.1 Metode Analisa

###### a. Metode Kuantitatif (Enumerasi)

Pengujian secara kuantitatif yaitu menggunakan penghitungan jumlah mikroorganisme dan interpretasi hasil berupa koloni per ml/g atau koloni per 100 ml. Metode ini digunakan untuk mengetahui jumlah mikroorganisme yang ada pada suatu sampel, umumnya dikenal dengan angka lempeng total atau *total plate count* (ALT/TPC) dan Angka Paling Mungkin atau *most probable number* (APM/MPN). Uji angka lempeng total (ALT) dan lebih tepatnya ALT aerob mesofil atau anaerob mesofil menggunakan media padat dengan hasil akhir berupa koloni yang dapat diamati secara *visual* dan dihitung, interpretasi hasil berupa angka dalam koloni (cfu) per ml/g atau koloni/100ml. Cara yang digunakan antara lain dengan cara tuang, cara tetes, dan cara sebar.

Angka paling mungkin (MPN) menggunakan media cair dengan tiga replikasi dan hasil akhir berupa kekeruhan atau perubahan warna dan atau pembentukan gas yang juga dapat diamati secara *visual*, dan interpretasi hasil dengan merujuk kepada tabel MPN. Dikenal 2 cara yaitu metode 3 tabung dan metode 5 tabung. Metode kuantitatif dilakukan dengan beberapa tahap yaitu homogenisasi sampel, tahap pengenceran, tahap pencampuran dengan media (padat/cair), tahap inkubasi dan pengamatan, dilanjutkan dengan interpretasi hasil.

###### b. Metode Kualitatif (Pengkayaan)

Pengujian secara kualitatif dengan metode pengkayaan (*enrichment*) yaitu isolasi, identifikasi mikroorganisme, dan interpretasi hasil berupa negatif per 25 gram atau per 100 gram/ml. Identifikasi mikroorganisme patogen dapat dilakukan dengan cara konvensional maupun dengan pengujian cepat (*rapid test*). Pada metode kualitatif dilakukan perbanyakan terlebih dahulu dari sel mikroorganisme yang umumnya dalam jumlah yang sangat sedikit dan bahkan kadang-kadang dalam kondisi lemah. Metode kualitatif dilakukan dalam beberapa tahap yaitu tahap pengkayaan, tahap isolasi pada media selektif, tahap identifikasi dengan reaksi biokimia, dan dilanjutkan dengan analisa antigenik atau serologi atau imunologi dan bila diperlukan dapat juga dilakukan identifikasi DNA bakteri dengan metode PCR (*Polymerase Chain Reaction*).

### 3.2.3 Produksi Pangan Fermentasi

Mikroorganisme menguntungkan dapat digunakan dalam pangan dengan beberapa cara, yaitu pertumbuhan aktif sel mikroba, sel mikroba yang tidak tumbuh, produk ikutan metabolisme, dan komponen seluler mikroorganisme. Pertumbuhan sel mikroba digunakan dalam konversi susu menjadi yoghurt. Sel beberapa bakteri digunakan untuk meningkatkan daya awet susu atau daging yang disimpan dingin. Beberapa produk ikutan seperti asam laktat, asam asetat, beberapa asam amino esensial, dan bakteriosin dihasilkan oleh berbagai mikroorganisme telah digunakan dalam pangan. Komponen Seluler mikroba seperti protein sel tunggal, dekstran, selulosa, dan beberapa enzim digunakan dalam pangan untuk berbagai tujuan.

Mikroorganisme, produk ikutan atau komponen seluler yang digunakan untuk pangan tersebut harus aman, cocok untuk pangan, dan dapat diterima oleh badan regulasi. Sel hidup mikroba dan produk metabolitnya yang dikonsumsi bersama dalam pangan seperti yoghurt, harus tidak mempunyai efek yang merugikan terhadap kesehatan. Mikroorganisme yang menghasilkan produk ikutan seperti asam amino dan komponen seluler mikroba yang digunakan dalam pangan, harus diregulasi dan diterima serta produk ikutan dan komponen seluler tersebut harus aman untuk dikonsumsi.

Mikroorganisme yang telah dimodifikasi secara genetik dan digunakan dalam pangan harus dapat diterima, khususnya jika material genetik yang digunakan diperoleh dari sumber yang berbeda atau hasil sintesis. Mikroorganisme yang digunakan untuk tujuan tersebut harus memenuhi kriteria regulasi dan komersial. Bab ini membahas karakteristik beberapa mikroorganisme yang digunakan dalam pengolahan pangan, khususnya pangan fermentasi. Beberapa mikroorganisme tersebut juga digunakan untuk memproduksi produk ikutan dan komponen seluler dalam pangan.

#### a. Fermentasi Pangan

Fermentasi pangan melibatkan proses konversi material mentah atau bahan dasar menjadi pangan fermentasi, oleh pertumbuhan dan aktivitas metabolisme mikroorganisme yang diinginkan. Mikroorganisme memanfaatkan beberapa komponen bahan dasar pangan sebagai substrat untuk menghasilkan energi dan komponen seluler, meningkat: kan populasi, dan untuk menghasilkan beberapa produk ikutan yang tidak digunakan sebagai produk akhir yang disekresikan ke lingkungan. Komponen yang tidak digunakan dari bahan dasar, produk ikutan mikroba, dan sel mikroba berada

bersama konstituen pangan fermentasi. Bahan dasar dapat berupa susu, daging, ikan, sayuran, buah, bijibijian, dan kacang secara mandiri atau dalam bentuk kombinasi. Lebih dari 3.500 jenis pangan fermentasi yang dihasilkan di seluruh dunia. Banyak jenis pangan etnik yang diproduksi dan digunakan dalam skala lokal oleh sekelompok masyarakat (Ray, 2004). Berbagai jenis pangan fermentasi yang saat ini dikonsumsi telah diproduksi dan dikonsumsi selama ribuan tahun. Keahlian memproduksi pangan fermentasi dari susu, buah, biji, dan sayuran telah berkembang dalam kebudayaan masyarakat di Hindustan, Mesopotamia, dan Mesir sekitar 3000-5000 sebelum Masehi. Proses tersebut tidak hanya menghasilkan pangan baru, tetapi juga membantu mengawetkan pangan. Prinsip-prinsip yang telah digunakan dalam kebudayaan zaman dahulu masih digunakan hingga sekarang, untuk memproduksi berbagai jenis pangan fermentasi melalui proses fermentasi alami. Metode ini menggunakan populasi mikroba diinginkan yang berada dalam bahan dasar atau produk yang mengandung mikroba yang diinginkan dari hasil fermentasi sebelumnya, dan ditambahkan ke dalam bahan dasar. Kondisi fermentasi dirancang sesuai dengan pertumbuhan jenis mikroba yang diinginkan, dan mencegah atau menghambat pertumbuhan jenis mikroba yang tidak diinginkan serta dapat berada dalam bahan dasar.

Jenis fermentasi lain, yaitu fermentasi terkontrol atau fermentasi biakan murni berkaitan dengan mikroorganisme, yang digunakan dalam fermentasi pangan ketika pertama kali dimurnikan dari pangan, diidentifikasi, dan dipelihara di laboratorium. Spesies mikroba yang diperlukan untuk fermentasi pangan tertentu harus ditumbuhkan dalam jumlah yang besar di laboratorium, kemudian ditambahkan ke dalam bahan dasar. Kondisi fermentasi dirancang sesuai dengan pertumbuhan mikroorganisme, untuk memproduksi produk yang diinginkan. Fermentasi mempunyai efek yang beragam terhadap stabilitas, keamanan, nilai nutrisi, dan daya terima konsumen. Tabel 10.1 memperlihatkan efek fermentasi terhadap pangan fermentasi.

**Tabel 10.1** Efek fermentasi terhadap pangan

Bahan Dasar	Stabilitas	Keamanan	Nilai Nutrisi	Daya Terima
Daging	++	+	-	(+)
Ikan	++	+	-	(+)
Susu	++	+	(+)	(+)
Sayuran	+	(+)	-	(+)
Buah	+	-	-	++
Legum	-	(+)	(+)	+
Sereal	-	-	(+)	+

Sumber : Adams dan Moss (2008)

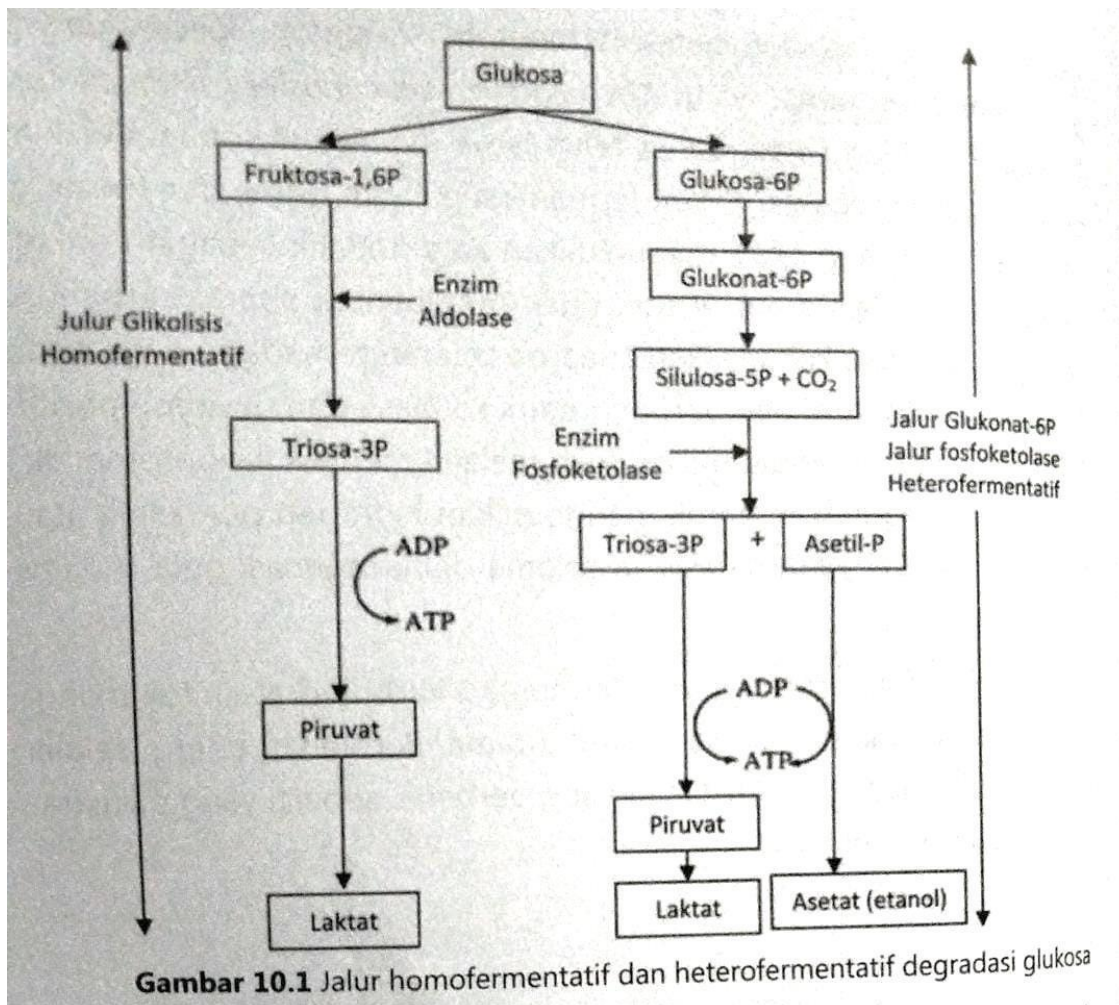
Keterangan : ++ = meningkat, + = biasanya beberapa meningkat, (+) = beberapa kasus meningkat, - = tidak meningkat

- b. Biakan Pemula Bakteri Asam Laktat

Species yang berasal dari 12 genus bakteri, pada saat ini diketahui sebagai bakteri asam laktat, karena kemampuan bakteri tersebut memetabolisme karbohidrat dan menghasilkan asam laktat dalam jumlah yang relatif besar (Sneath, 1986; Schleifer, et al, 1985; Axelsson, 1993). Genus bakteri yang diketahui sebagai bakteri asam laktat meliputi *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Aerococcus*, *Vagococcus*, *Tetragenococcus*, *Carnobacterium*, *Weissella*, dan *Oenococcus* (Ray, 2004). Istilah bakteri asam laktat (BAL), secara taksonomi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, tetapi dengan teknik serologi dan analisis RNA ribosomal 16S, bakteri-bakteri tersebut menunjukkan hubungan secara filogenetik (Adams dan Moss, 2008).

Klasifikasi beberapa genus bakteri tersebut terus berkembang dan berubah. Sebagai contoh *Lactococcus* dan *Enterococcus* pada awalnya diklasifikasi sebagai *Streptococcus* kelompok N dan kelompok D, *Weissella* dan *Oenococcus* dipisahkan dari *Leuconostoc*, *Tetragenococcus*, dimasukkan ke dalam *Pediococcus* (*Pediococcus halophilus*), *Carnobacterium* yang terdiri atas beberapa species pada awalnya dimasukkan ke dalam genus *Lactobacillus* dan heterofermentatif obligator. Species dari 5 genus yang pertama, yaitu *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, dan *Lactobacillus* telah lama digunakan sebagai biakan pemula (starter cultures) dalam fermentasi pangan (Shaw dan Harding, 1989). Secara umum, BAL menunjukkan karakteristik sebagai berikut: merupakan bakteri gram positif, tidak membentuk spora, berbentuk batang atau bulat, kebanyakan anaerob toleran terhadap udara, tidak mempunyai sitokrom dan porfirin, tetapi katalase dan oksidase positif, Beberapa bakteri mengambil oksigen melalui mediasi flavoprotein oksidase, yang digunakan untuk menghasilkan hidrogen peroksida atau reoksidasi NADH yang dihasilkan selama dehidrogenasi gula (Adams dan Moss, 2008).

Energi seluler BAL diperoleh dari fermentasi karbohidrat, untuk menghasilkan asam laktat sebagai produk utama. Perolehan energi seluler oleh BAL dilakukan melalui 2 jalur yang berbeda, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 10.1.



### c. Biakan Pemula Khamir dan Kapang

Banyak khamir dan kapang penting dalam pangan, tetapi beberap, terlibat dalam kerusakan pangan dan produksi mikotoksin terutang oleh kapang. Namun, beberapajenis juga digunakan dalam pengolaha pangan secara biologis. Rekayasa genetik pada saat ini banyak dilakuka, untuk memperoleh karakteristik khamir dan kapang yang diinginkan.

#### 1. Khamir

Di antara banyak jenis khamir, hanya beberapa yang berkaitan dengan fermentasi pangan dan alkohol, produksi enzim pangan, produksi protein sel tunggal, dan sebagai aditif untuk memperoleh flavor yang diinginkan dalam beberapa jenis pangan. Khamir *Saccharomye cerevisiae* merupakan khamir yang telah digunakan secara luas dalam produksi roti, bir, minuman anggur, produksi enzim invertase, dan flavor beberapa pangan (Deak dan Beuchat, 1987: Samson, et

al., 2001) Sel khamir berbentuk bulat, oval atau bulat panjang, berkembang bis dengan kuncup, berkonjugasi dan membentuk askospora. Strain khamir' secara umum dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu khamir bawa! dan khamir atas. Khamir atas tumbuh sangat cepat pada suhu 20<sup>o</sup>C ser memproduksi alkohol dan- CO<sub>2</sub>. Khamir atas juga membentuk rumpu! atau gumpalan, karena produksi CO<sub>2</sub>, yang cepat dan mengapung pada permukaan media. Sebaliknya, khamir bawah tumbuh lebih baik pada suhu 10-15<sup>o</sup>C, tumbuh lambat dan lambat memproduksi CO<sub>2</sub>, tidak membentuk rumpun dan berada di bagian bawah media. Khamir atas dan bawah digunakan sesuai proses fermentasi yang diperlukan. *Candida utilis* digunakan untuk memproduksi protein sel tunggal, merupakan fungi tidak sempurna (fungi imperfecti), bereproduksi dengan kuncup (budding), dan tidak dengan berkonjugasi. Bentuk sel bervariasi, mulai dari oval hingga bulat memanjang. Beberapa sel kuncup tumbuh dari hifa. Khamir *C. utilis* juga terlibat dalam kerusakan pangan (Ray, 2004).

*Kluyveromyces marxianus* dan *K. marxianus* var. *lactis* dapat menghidrolisis laktosa dan digunakan dalam fermentasi alami, dengan khamir lain atau bakteri asam laktat untuk produksi produk susu beralkohol. Khamir ini juga berkaitan dengan kerusakan beberapa produk susu. *Kluyveromyces marxianus* pada saat ini digunakan untuk memproduksi enzim galactosidase (laktase) secara komersial untuk menghidrolisis laktosa. Enzim tersebut digunakan untuk menghasilkan susu rendah laktosa (Deak dan Beuchat, 1987).

## 2. Kapang

Kebanyakan kapang berkaitan dengan kerusakan pangan dan beberapa menghasilkan toksin ketika tumbuh dalam pangan. Beberapa species atau strain digunakan untuk memproduksi aditif dan enzim yang digunakan dalam pangan (Samson, et al., 2000). Secara umum, kapang merupakan organisme multiseluler dan fungi berfilamen. Filamen atau hifa dapat berseptata atau tidak berseptata dan mempunyai inti. Kapang berkembang biak dengan perpanjangan ujung hifa (reproduksi vegetatif) atau membentuk spora seksual dan aseksual. *Aspergillus*, *Penicillium*, dan beberapa species *Rhizopus* dan *Mucor* telah digunakan dalam pangan untuk tujuan yang menguntungkan. Namun, strain yang digunakan untuk tujuan tersebut harus tidak memproduksi mikotoksin, Strain kapang yang tidak memproduksi toksin sulit diidentifikasi dalam beberapa kasus fermentasi alami, tetapi harus menjadi pertimbangan, penting untuk digunakan dalam fermentasi terkontrol.

*Aspergillus oryzae* digunakan dalam produksi beberapa pangan oriental Seperti sake, kecap kedelai, dan miso, Kapang ini juga digunaka, Sebagai sumber beberapa enzim pangan. *Aspergillus niger* digunaka, Untuk produksi asam sitrat dan asam glukonat dari sukrosa, sering digunakan sebagai sumber enzim pektinase dan amilase. *Penicillium roquefortii* digunakan untuk pemeraman keju *Rogueforti*,

Gorgonzola dan keju biru. Beberapa strain *P. roquefortii* dapat memproduksi neurotoksin roquefortin. Produksi toksin harus menjadi pertimbangan dalam seleksi dan pengembangan strain untuk produksi keju *Penicillium camembertii* digunakan dalam produksi keju Camembert dan *Penicillium caseicolum* digunakan dalam keju Brie. Kedua species *Penicillium* tersebut juga digunakan untuk produksi enzim glukose oksidase (Ray, 2004).

#### **d. Metode Umum Produksi Pangan Fermentasi**

Produksi pangan fermentasi mempunyai beberapa aspek yang saling berhubungan, yaitu keterlibatan aktivitas mikroorganisme yang diinginkan selama fermentasi dan penyimpanan produk fermentasi, serta parameter lain yang digunakan selama pengolahan dan penyimpanan produk fermentasi.

Fermentasi melibatkan kondisi bahan dasar pangan yang sesuai untuk pertumbuhan dan metabolisme spesifik mikroorganisme yang diinginkan. Mikroorganisme tersebut tumbuh, memanfaatkan beberapa nutrisi, dan menghasilkan beberapa produk akhir. Produk akhir hasil fermentasi bersama dengan komponen bahan dasar pangan, yang tidak dimetabolisme mempunyai kualitas yang diinginkan dan dapat diterima oleh konsumen. Ray (2004) mengemukakan bahwa secara umum metode fermentasi pangan bergantung pada bahan dasar, jenis mikroorganisme, dan proses fermentasi.

#### **e. Mikroorganisme**

Berbagai strain dan species bakteri, khamir, dan kapang yang diinginkan dapat digunakan untuk memproduksi pangan fermentasi. Fermentasi dapat dilakukan oleh strain atau species tunggal yang dominan atau Campuran beberapa strain atau species, bergantung pada produk yang ingin dihasilkan. Pada kebanyakan fermentasi, populasi campuran beberapa strain dan species bakteri, campuran bakteri dan khamir, atau campuran bakteri dan kapang digunakan untuk memproduksi produk pangan fermentasi. Salah satu syarat proses fermentasi yang menggunakan campuran populasi mikroorganisme adalah anggota populasi harus tidak bersifat antagonistik satu sama lain dan lebih disukai bersifat sinergistik.

Pertumbuhan mikroorganisme yang diinginkan dan laju fermentasi Optimum bergantung pada parameter lingkungan, seperti nutrisi, suhu Inkubasi, potensial oksidasi-reduksi, dan pH. Kompromi parameter lingkungan dalam proses fermentasi, dengan membuat fasilitas pertumbuhan semua species pada laju yang moderat dilakukan pada penggunaan populasi campuran species yang membutuhkan kondisi lingkungan yang berbeda.

Suplementasi nutrisi lain seperti karbohidrat (dektrosa dalam fermentasi daging), garam, sitrat, dan nutrisi lain ditambahkan pada media bergantung pada bahan dasar

pangan yang digunakan dan kebutuhan spesifik mikroorganisme. Beberapa species dapat dilibatkan dalam fermentasi alami, untuk memperoleh karakteristik produk akhir yang diinginkan. Laju pertumbuhan species mikroorganisme tersebut tampaknya berbeda, sehingga species tertentu akan mendominasi di. bandingkan species lain selama proses fermentasi, tetapi species mi. nor tersebut berkontribusi terhadap karakteristik produk, terutama be. berapa aroma yang unik pada produk.

#### **f. Proses Fermentasi**

Menurut Ray (2004), pangan dapat difermentasi dalam 3 metode yang berbeda berdasarkan sumber mikroorganisme yang diinginkan, yaitu fermentasi alami (natural fermentation), fermentasi condong balik (back slopping), dan fermentasi terkontrol (ccontrolled fermentation).

##### **a. Fermentasi Alami**

Berbagai bahan dasar pangan yang digunakan dalam fermentasi alami biasanya tanpa diberi perlakuan pemanasan, sehingga dapat mengandung mikroorganisme yang diinginkan dan tidak diinginkan. Kondisi inkubasi dirancang untuk memperoleh kecepatan pertumbuhan tinggi, untuk jenis mikroorganisme yang diinginkan dan menghambtt pertumbuhan jenis mikroorganisme yang tidak diinginkan.

Produk yang diproduksi dengan fermentasi alami dapat mempunyai aroma yang diinginkan, hasil dari proses metabolisme komponen bahan dasar pangan. Konsistensi karakteristik produk yang dihasilkan pada fermentasi alami dalam periode panjang sulit diperoleh, karen? mikroflora dalam bahan dasar pangan tidak selalu sama. Peluang terjadinya produk gagal dalam fermentasi alami juga lebih besar karena pertumbuhan mikroflora yang tidak diinginkan dan patogen penyakit bawaan pangan.

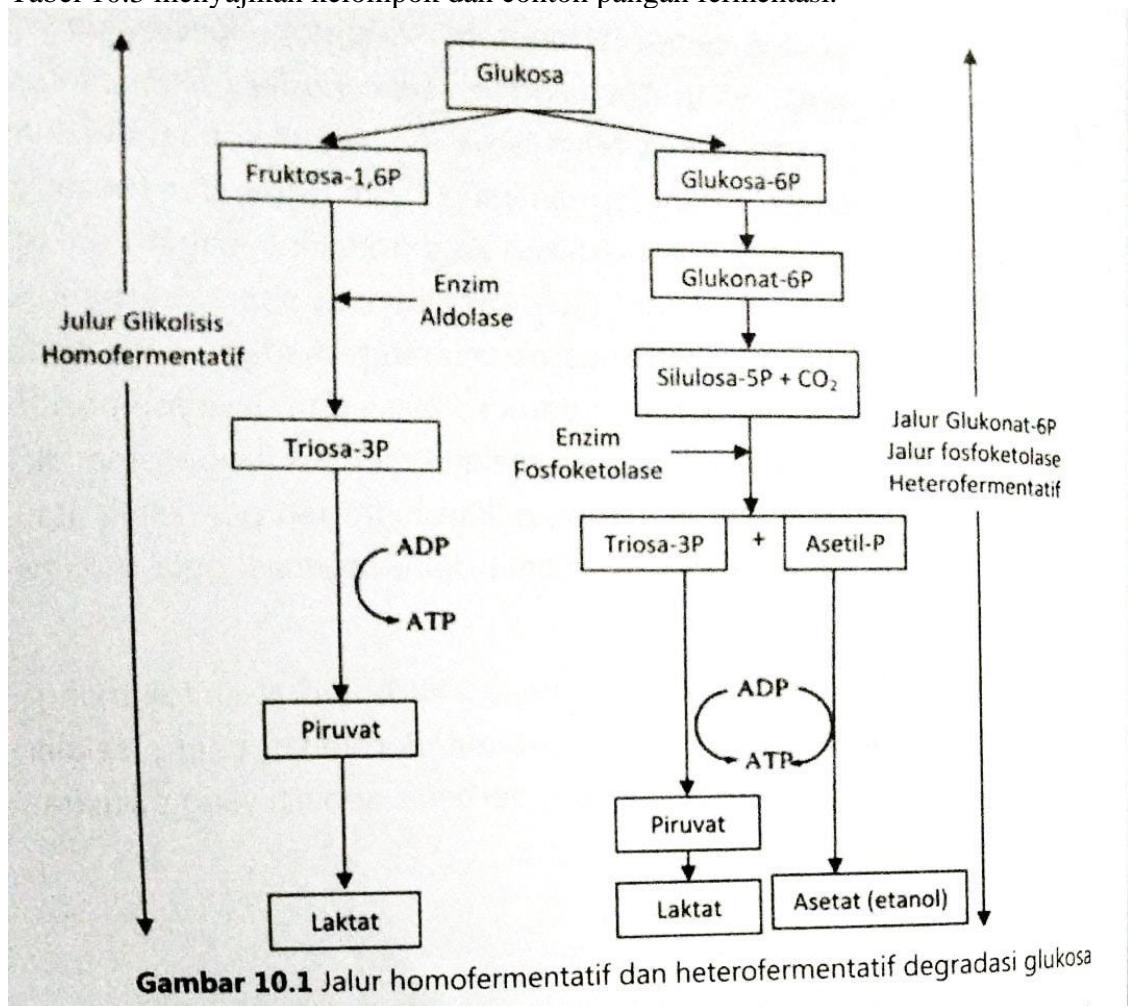
##### **b. Fermentasi Condong Balik**

Metode fermentasi ini menggunakan beberapa produk hasil fermentasi yang ditambahkan ke dalam bahan dasar pangan baru, Kondisi fermentasi dirancang untuk memfasilitasi pertumbuhan mikroorganisme yang berada dalam produk hasil fermentasi. Metode ini pada umumnya digunakan untuk memproduksi beberapa pangan fermentasi tradisional dalam skala kecil. Konsistensi karakteristik produk pada fermentasi condong balik sulit dipertahankan dalam jangka waktu lama karena perubahan jenis mikroba. Peluang untuk menghasilkan produk gagal dan penyakit bawaan pangan juga cukup tinggi.



c. Fermentasi Terkontrol

Fermentasi terkontrol menggunakan bahan dasar pangan yang telah disterilisasi dan diinokulasi, dengan populasi mikroorganisme yang tinggi ( $10^5$  sel/ml atau lebih) dari biakan murni strain atau species tunggal atau campuran mikroorganisme biakan pemula. Kondisi fermentasi dirancang untuk memperoleh pertumbuhan optimum biakan pemula. Fermentasi ini dapat menghasilkan produk dengan volume yang besar, dengan karakteristik yang konsisten dan dapat diprediksi untuk setiap proses produksi. Secara umum, peluang terjadinya produk gagal atau penyakit bawaan pangan rendah. Pertumbuhan mikroflora sekunder yang diinginkan tidak diperoleh, sehingga produk dengan flavor yang diinginkan sulit untuk diperoleh. Pangan fermentasi dapat dikelompokkan berdasarkan jenis bahan dasar pangan fermentasi. Tabel 10.3 menyajikan kelompok dan contoh pangan fermentasi.



**Gambar 10.1** Jalur homofermentatif dan heterofermentatif degradasi glukosa

### 3.2.4 Pengendalian Mikroorganisme Pengolahan Hasil Pertanian

Pengendalian mikroorganisme sangat esensial dan penting di dalam industri dan produksi pangan, obat-obatan, kosmetika dan lainnya. Alasan utama pengendalian organisme adalah :

- 1) Mencegah penyebaran penyakit dan infeksi.
- 2) Membasmi mikroorganisme pada inang yang terinfeksi
- 3) Mencegah pembusukan dan kerusakan bahan oleh mikroorganisme.

Mikroorganisme dapat dikendalikan dengan beberapa cara, dapat dengan diminimalisir, dihambat dan dibunuh dengan sarana atau proses fisika atau bahan kimia.

Ada beberapa cara untuk mengendalikan jumlah populasi mikroorganisme, diantaranya adalah sebagai berikut :

#### a)- Cleaning (kebersihan) dan Sanitasi

Cleaning dan Sanitasi sangat penting di dalam mengurangi jumlah populasi mikroorganisme pada suatu ruang/tempat. Prinsip cleaning dan sanitasi adalah menciptakan lingkungan yang tidak dapat menyediakan sumber nutrisi bagi pertumbuhan mikroba sekaligus membunuh sebagian besar populasi mikroba.

#### b)- Desinfeksi

Adalah proses pengaplikasian bahan kimia (desinfektans) terhadap peralatan, lantai, dinding atau lainnya untuk membunuh sel vegetatif mikrobial. Desinfeksi diaplikasikan pada benda dan hanya berguna untuk membunuh sel vegetatif saja, tidak mampu membunuh spora.

#### c)- Antiseptis

Merupakan aplikasi senyawa kimia yang bersifat antiseptis terhadap tubuh untuk melawan infeksi atau mencegah pertumbuhan mikroorganisme dengan cara menghancurkan atau menghambat aktivitas mikroba.

#### d)- Sterilisasi

Proses menghancurkan semua jenis kehidupan sehingga menjadi steril. Sterilisasi seringkali dilakukan dengan pengaplikasian udara panas. Ada dua metode yang sering digunakan, yaitu :

1) Panas lembab dengan uap jenuh bertekanan. Sangat efektif untuk sterilisasi karena menyediakan suhu jauh di atas titik didih, proses cepat, daya tembus kuat dan kelembaban sangat tinggi sehingga mempermudah koagulasi protein sel-sel mikroba yang menyebabkan sel hancur. Suhu efektifnya adalah 121oC pada tekanan 5 kg/cm<sup>2</sup> dengan waktu standar 15 menit. Alat yang digunakan : pressure cooker, autoklaf (autoclave) dan retort.

2) Panas kering, biasanya digunakan untuk mensterilisasi alat-alat laboratorium. Suhu efektifnya adalah 160oC selama 2 jam. Alat yang digunakan pada umumnya adalah oven.

e)- Pengendalian Mikroba dengan Suhu Panas lainnya

a) Pasteurisasi : Proses pembunuhan mikroba patogen dengan suhu terkendali berdasarkan waktu kematian termal bagi tipe patogen yang paling resisten untuk dibasmi. Dalam proses pasteurisasi yang terbunuh hanyalah bakteri patogen dan bakteri penyebab kebusukan namun tidak pada bakteri lainnya. Pasteurisasi biasanya dilakukan untuk susu, rum, anggur dan makanan asam lainnya. Suhu pemanasan adalah 65oC selama 30 menit.

b) Tyndalisasi : Pemanasan yang dilakukan biasanya pada makanan dan minuman kaleng. Tyndalisasi dapat membunuh sel vegetatif sekaligus spora mikroba tanpa merusak zat-zat yang terkandung di dalam makanan dan minuman yang diproses. Suhu pemanasan adalah 65oC selama 30 menit dalam waktu tiga hari berturut-turut.

c) Boiling : Pemanasan dengan cara merebus bahan yang akan disterilkan pada suhu 100oC selama 10-15 menit. Boiling dapat membunuh sel vegetatif bakteri yang patogen maupun non patogen. Namun spora dan beberapa virus masih dapat hidup. Biasanya dilakukan pada alat-alat kedokteran gigi, alat suntik, pipet, dll.

d) Red heating : Pemanasan langsung di atas api bunsen burner (pembakar spiritus) sampai berpijar merah. Biasanya digunakan untuk mensterilkan alat yang sederhana seperti jarum ose.

e) Flaming : Pembakaran langsung alat-alat laboratorium diatas pembakar bunsen dengan alkohol atau spiritus tanpa terjadinya pemijaran.

f)- Pengendalian Mikroba dengan Radiasi

Bakteri terutama bentuk sel vegetatifnya dapat terbunuh dengan penyinaran sinar ultraviolet (UV) dan sinar-sinar ionisasi.

a) Sinar UV : Bakteri yang berada di udara atau yang berada di lapisan permukaan suatu benda yang terpapar sinar UV akan mati.

b) Sinar Ionisasi : yang termasuk sinar ionisasi adalah sinar X, sinar alfa, sinar beta dan sinar gamma. Sterilisasi dengan sinar ionisasi memerlukan biaya yang besar dan biasanya hanya digunakan pada industri farmasi maupun industri kedokteran.

- Sinar X : Daya penetrasi baik namun perlu energi besar.

- Sinar alfa : Memiliki sifat bakterisidal tetapi tidak memiliki daya penetrasi.

- Sinar beta : Daya penetrasinya sedikit lebih besar daripada sinar X.

- Sinar gamma : Kekuatan radiasinya besar dan efektif untuk sterilisasi bahan makanan.

g)- Pengendalian Mikroba dengan Filtrasi

Ada dua filter, yaitu filter bakteriologis dan filter udara.

a) Filter bakteriologis biasanya digunakan untuk mensterilkan bahan-bahan yang tidak tahan terhadap pemanasan, misalnya larutan gula, serum, antibiotika, antitoksin, dll. Teknik filtrasi prinsipnya menggunakan penyaringan, dimana yang tersaring hanyalah bakteri saja. Diantara jenis filter bakteri yang umum digunakan adalah : Berkefeld (dari fosil diatomae), Chamberland (dari porselen), Seitz (dari asbes) dan seluosa.

b) Filter udara berefisiensi tinggi untuk menyaring udara berisikan partikel (High Efficiency Particulate Air Filter atau HEPA) memungkinkan dialirkannya udara bersih ke dalam ruang tertutup dengan sistem aliran udara laminar (Laminar Air Flow)

h)- Pengendalian Mikroba dengan Bahan Kimia

Saat ini, telah banyak agen kimia yang berpotensi untuk membunuh atau menghambat mikroba. Penelitian dan penemuan senyawa kimia baru terus berkembang. Agen kimia yang baik adalah yang memiliki kemampuan membunuh mikroba secara cepat dengan dosis yang rendah tanpa merusak bahan atau alat yang didisinfeksi.

Pada prinsipnya, cara kerja agen kimia ini digolongkan menjadi :

a) Agen kimia yang merusak membran sel mikroba.

b) Agen kimia yang merusak enzim mikroba.

c) Agen kimia yang mendenaturasi protein.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi efektivitas agen kimia di dalam mengendalikan mikroba, yaitu :

a) Konsentrasi agen kimia yang digunakan. Semakin tinggi konsentrasinya maka efektivitasnya semakin meningkat.

b) Waktu kontak. Semakin lama bahan tersebut kontak dengan bahan yang disterilkan maka hasilnya akan semakin baik.

c) Sifat dan jenis mikroba. Mikroba yang berkapsul dan berspora lebih resisten dibandingkan yang berkapsul dan berspora.

d) Adanya bahan organik dan ekstra. Adanya bahan-bahan organik dapat menurunkan efektivitas agen kimia.

e) pH atau derajat keasaman. Efektivitas bahan kimia dapat berubah seiring dengan perubahan pH.

a) Agen Kimia yang merusak membran sel

1. Golongan Surfaktans (Surface Active Agents), yaitu golongan anionik, kationik dan nonionik.

2. Golongan fenol.

b) Agen Kimia merusak enzim

1. Golongan logam berat seperti arsen, perak, merkuri, dll.

2. Golongan oksidator seperti golongan halogen, peroksida hidrogen dan formaldehid.

c) Agen Kimia yang menyebabkan denaturasi protein

Agen kimiawi yang menyebabkan terjadinya koagulasi dan presipitasi protoplasma, seperti alkohol, gliserol dan bahan-bahan asam dan alkalis.

### 3.3 RANGKUMAN

Bakteri, khamir, dan kapang pangan dapat digunakan dalam berbagai kombinasi untuk memproduksi pangan fermentasi, baik dengan fermentasi alami, condong balik, atau fermentasi terkontrol pada susu, daging, ikan, telur, sayuran, dan bahan pangan lainnya. Species dan strain mikroorganismenya yang digunakan sebagai biakan pemula dalam fermentasi terkontrol harus aman dan mampu menghasilkan karakteristik pangan fermentasi yang diinginkan. Karakteristik tersebut merupakan hasil pemecahan metabolisme karbohidrat, protein, dan lipida pangan.

### 3.4 SOAL LATIHAN

1. Apa kriteria menuntungkan dari mikroorganismenya dalam pangan? Jelaskan!
2. Sebutkan genus yang pada saat ini digunakan sebagai biakan pemula dalam fermentasi pangan!seberapa cepat benda berpindah. Kecepatan juga bisa berarti kelajuan yang mempunyai arah. Sedangkan Percepatan adalah perubahan kecepatan dalam satuan waktu tertentu.
3. Sebutkan 3 nama bakteri yang saat ini digunakan sebagai bakteri probiotik  
Kermentasi khamir pada berbagai jenis pangan hanya satu spa Tes yang digunakan, sebutkan nama species khamir tersebut dan
4. jelaskan mengenai cara satu species efektif dalam beberapa pro. Yes fermentasi!
5. Bagaimana kapang digunakan dalam berbagai pangan? Sebutkan 2 species yang digunakan dan apa yang perlu diperhatikan dari suatu strain kapang yang akan digunakan dalam fermentasi pangan

## **BAB IV**

### **KERUSAKAN PANGAN DAN HASIL PERTANIAN**

#### **4.1 PENDAHULUAN**

Kerusakan pangan merupakan proses metabolik yang menyebabkan pangan menjadi tidak diinginkan atau tidak dapat dikonsumsi karena perubahan karakteristik sensori. Pangan yang rusak mungkin aman untuk dikonsumsi dan tidak menyebabkan sakit karena tidak mengandung patogen atau toksin, tetapi pangan tersebut telah mengalami perubahan tekstur, aroma, rasa, atau penampilan lain, sehingga ditolak oleh konsumen. Kerusakan pangan oleh mikroba terjadi sebagai konsekuensi dari adanya pertumbuhan mikroba dalam pangan. Pengeluaran enzim ekstra dan intraseluler setelah lisis sel dalam pangan. Perubahan warna, bau, tekstur, pembentukan lendir, akumulasi gas, dan akumulasi cairan merupakan beberapa indikator yang dapat dideteksi berkaitan dengan kerusakan beberapa jenis pangan. Kerusakan pangan yang disebabkan oleh pertumbuhan mikroba, terjadi lebih cepat dibandingkan kerusakan pangan yang disebabkan oleh enzim ekstra atau intraseluler tanpa sel mikroba hidup.

Beberapa metode dapat digunakan untuk mengawetkan pangan, mulai dari saat panen atau penyembelihan hingga pangan tersebut dikonsumsi dengan tujuan untuk mempertahankan kualitas pangan. Salah satunya dengan mengurangi jumlah dan pertumbuhan mikroba. Pemahaman mengenai faktor yang berkaitan dengan kerusakan pangan oleh mikroba, berperan penting dalam mengembangkan metode yang efektif untuk mengendalikan pertumbuhan mikroba dalam pangan.

Mikroorganisme dapat masuk ke dalam pangan yang berasal dari satu atau lebih dari satu sumber kontaminasi dan dapat menyebabkan kerusakan pangan pada kondisi lingkungan pangan yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme seperti pH, potensi oksidasi-reduksi, nutrisi dan tidak adanya komponen penghambat. Pangan yang disimpan pada suhu yang cocok untuk pertumbuhan mikroorganisme dalam waktu yang cukup lama, menyebabkan mikroorganisme tumbuh mencapai jumlah yang cukup tinggi dan menyebabkan perubahan, termasuk kerusakan pangan.

Beberapa mikroorganisme dapat bertahan hidup pada perlakuan panas spesifik atau masuk ke dalam pangan setelah pemanasan sebagai kontaminan, sehingga menyebabkan kerusakan pangan. Kerusakan pada pangan yang diberi perlakuan panas dapat terjadi oleh enzim mikroba tanpa adanya sel hidup mikroba, karena beberapa enzim tahan panas dapat dihasilkan oleh mikroorganisme sebelum perlakuan pemanasan. Pangan yang disimpan pada suhu yang cocok untuk pertumbuhan mikroba dalam waktu cukup lama, juga dapat mengalami kerusakan akibat aktivitas katalitik enzim.

#### **4.2 SUBSTANSI BAHAN AJAR**

##### **4.2.1 Jenis dan Jumlah Mikroorganisme**

faktor intrinsik dan ekstrinsik atau lingkungan dalam pangan, berpengaruh terhadap dominasi jenis mikroorganisme yang menyebabkan kerusakan pangan. Beberapa jenis mikroorganisme yang pada awalnya berada dalam pangan menjadi tidak ada, karena

tidak mampu perkompetisi dengan mikroorganisme lain yang disebabkan perubahan lingkungan, dan adanya metabolit yang dihasilkan oleh mikroorganisme tertentu (Gill, 1986: Kraft, 1992: Sinell, 1980: Ray, 1992).

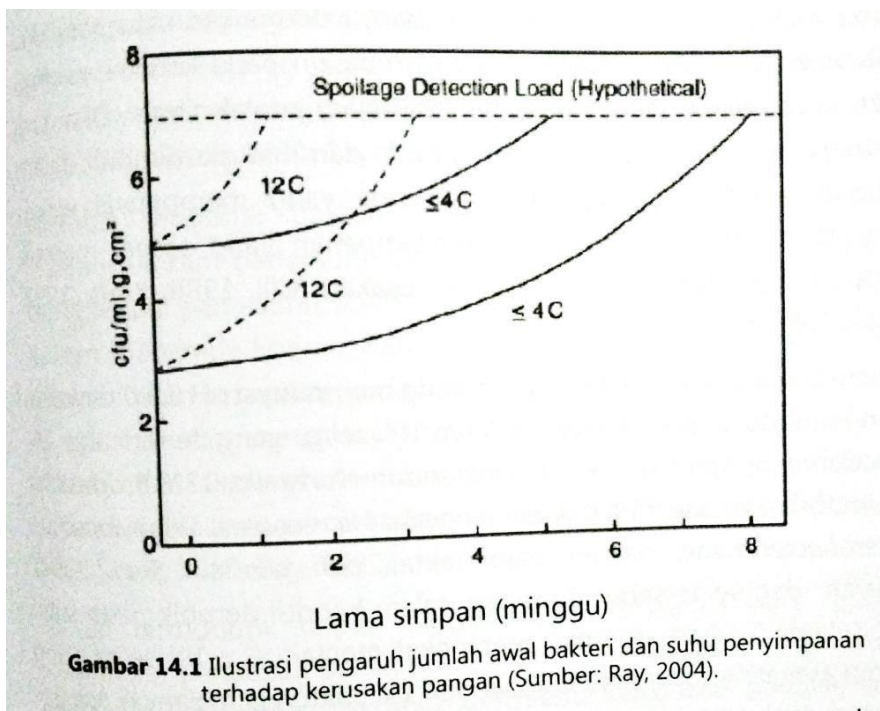
Jenis mikroorganisme yang mendominasi kerusakan pangan juga dipengaruhi oleh waktu inkubasi. Sebagai contoh pertumbuhan *Lactococcus* spp., *Bacillus* spp., dan bakteri gram negatif berbentuk batang seperti *Pseudomonas* spp. dalam susu. *Lactococcus* spp. pada awalnya tumbuh cepat karena mampu memetabolisme laktosa dalam kondisi pertumbuhan yang sesuai dan akan menurunkan pH susu dari 6,5 menjadi 5,0, serta menurunkan laju pertumbuhan beberapa jenis mikroorganisme lain yang berada dalam susu. Penurunan pH hingga di bawah 5,0 menyebabkan waktu generasi *Lactococcus* spp. menjadi lebih lama. *Bacillus* spp., yang memerlukan lingkungan asam mulai tumbuh, memetabolisme protein dan meningkatkan pH hingga sekitar 5,8. Bakteri *Pseudomonas* spp. yang pada awalnya sudah berada dalam susu, akan mulai tumbuh pada pH yang tinggi, memetabolisme NPN (nonprotein nitrogen), komponen berprotein, dan meningkatkan pH lebih lanjut dengan menghasilkan komponen metabolit amina dan  $\text{NH}_3$ . Perubahan dominasi mikroorganisme pada proses kerusakan pangan tersebut dapat terjadi jika pangan disimpan dalam waktu yang cukup lama (Gill, 1986: Ray, 1992).

Kebanyakan pangan mentah dan pangan olahan mengandung beberapa jenis kapang, khamir, dan bakteri yang mampu tumbuh dan menyebabkan kerusakan pangan, tetapi virus tidak dapat tumbuh dalam pangan tanpa adanya inang, terutama bakteri tertentu. Proses Penyebab utama kerusakan pangan dilakukan oleh bakteri yang diikuti oleh khamir dan kapang. Bakteri merupakan mikroorganisme yang pertama tumbuh dalam pangan karena mempunyai waktu generasi yang pendek, diikuti oleh khamir dan kapang, yang selanjutnya menyebabkan kerusakan pangan dengan cepat. Pada kondisi pangan yang tidak mendukung pertumbuhan bakteri dan khamir, seperti pada roti, keju dengan struktur yang keras, sosis kering, serta buah dan sayuran asam, kerusakan pada umumnya terjadi akibat pertumbuhan kapang. Pangan yang dikemas dalam keadaan hampa udara dapat mengurangi kerusakan pangan oleh kapang dan beberapa jenis khamir, tetapi tidak dapat mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh bakteri anaerobik dan fakultatif anaerobik (Ray, 2004).

Mikroorganisme, khususnya bakteri dan khamir harus melakukan pertumbuhan hingga mencapai jumlah tertentu untuk menghasilkan perubahan warna, bau, dan tekstur pangan, serta pembentukan lendir atau akumulasi gas dan cairan. Walaupun jumlah tersebut bervariasi bergantung pada jenis pangan dan mikroorganisme. Bakteri dan khamir memerlukan pertumbuhan hingga mencapai jumlah sekitar  $10^7$  sel/g, Ami, atau /cm<sup>2</sup> pangan dan kerusakan pangan mulai terdeteksi pada kisaran  $10^5$  sel/g, /ml, atau /cm<sup>2</sup> pangan (Gill, 1986: Kraft, 1992: Ray, 1992).

Kerusakan yang berkaitan dengan pembentukan  $\text{H}_2\text{S}$ , beberapa komponen amina, dan pembentukan  $\text{H}_2\text{O}$ , dapat terdeteksi pada jumlah mikroba yang rendah, tetapi pembentukan asam laktat dapat terdeteksi pada jumlah yang tinggi. Pembentukan lendir pada pangan berkaitan dengan akumulasi jumlah sel mikroba yang secara umum terdeteksi pada jumlah sekitar  $10^7$  sel/g, /ml, atau /cm<sup>2</sup> pangan (Gill, 1986, Kraft, 1992: Sinell, 1980: Ray, 1992). Pangan yang mengandung jumlah awal bakteri tinggi dan

dengan kondisi penyimpanan yang sesuai untuk pertumbuhan mikroba, akan lebih cepat rusak dibandingkan dengan pangan yang mengandung bertumbuhan merupakan komponen penting dalam kerusakan pangan jumlah awal bakteri rendah dengan waktu generasi lama. Gambar 14.1 memperlihatkan ilustrasi populasi bakteri yang terdeteksi dan menyebabkan kerusakan pangan dalam waktu 7 hari dengan jumlah mikroba awal  $5 \times 10^7/g$ , sedangkan kerusakan pangan terdeteksi dalam waktu 20 hari pada pangan yang mengandung jumlah bakteri awal rendah ( $5 \times 10^2/g$ ) selama penyimpanan pada suhu  $12^\circ C$ . Ketika pangan yang mengandung jumlah bakteri awal rendah disimpan pada suhu  $4^\circ C$ , kerusakan pangan terdeteksi dalam waktu 55 hari. Penurunan jumlah bakteri perusak pangan selama penyimpanan dapat dilakukan dengan mengurangi jumlah awal mikroba dan memperpanjang waktu generasi. Jumlah bakteri yang tinggi (10 sel/g, /ml, atau /cm<sup>2</sup> pangan) tanpa adanya pertumbuhan tidak segera menyebabkan kerusakan pangan (Ray, 2004).



Pangan yang diolah secara biologis pada umumnya mengandung jumlah mikroorganisme yang tinggi ( $10^8-9$  sel/g atau /ml). Namun, pada kondisi normal, mikroorganisme tersebut merupakan jenis mikroorganisme yang diinginkan dalam fermentasi pangan tanpa menyebabkan kerusakan. Kerusakan pangan dapat terjadi akibat pertumbuhan bakteri yang tidak diinginkan, seperti pembentukan lendir atau aroma bau pada keju cottage oleh *Alcaligenes* dan *Pseudomonas* spp. (Gill, 1986: Kraft, 1992: Ray, 1992).

Profil pertumbuhan mikroba dalam pangan cukup berbeda dibandingkan dengan pertumbuhan biakan murni dalam media laboratorium. Pangan tidak steril yang tidak



rusak, secara umum mengandung berbagai jenis mikroorganisme seperti bakteri, khamir, dan kapang, serta virus dari berbagai genus dan mungkin lebih banyak species dari genus yang sama, bahkan lebih dari satu strain pada satu species yang sama. Tingkat populasi dari setiap jenis mikroorganisme sangat bervariasi. Ketika pangan tersebut telah rusak, hanya ditemukan satu atau dua jenis mikroorganisme dominan yang mungkin pada kondisi awalnya mikroorganisme tersebut tidak berada dalam jumlah tinggi. Di antara berbagai species yang pada awalnya ada dan mampu tumbuh dalam pangan tertentu, hanya mikroorganisme yang mempunyai waktu generasi pendek dalam kondisi penyimpanan yang sesuai mampu tumbuh cepat dan menyebabkan kerusakan (Gill, 1986: Kraft, 1992: Sinell, 1980: Ray, 1992).

Penelitian pada sampel daging sapi yang mempunyai pH 6,0 ditemukan mengandung jumlah bakteri sekitar  $10^7$  sel/g, yang terdiri atas 146 *Pseudomonas* spp., 1196 *Acinetobacter* dan *Morexella*, 1396 *Brochothrix thermosphacta*, dan 7596 bakteri lain yaitu *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Enterobacteriaceae*, bakteri asam laktat, dan lain-lain (Ray, 2004). Setelah daging tersebut disimpan dalam kondisi aerobik pada suhu 2C selama 12 hari, populasi meningkat menjadi  $6 \times 10^{11}$  sel/g, yang terdiri atas 9996 *Pseudomonas* spp. dan 196 bakteri lain. Banyak species bakteri awal yang mampu tumbuh pada kondisi penyimpanan daging tersebut, tetapi *Pseudomonas* spp. mempunyai waktu generasi yang pendek, sehingga yang pada awalnya dalam populasi hanya 196 karena mempunyai waktu generasi pendek, setelah 12 hari menjadi dominan (9996). Namun, ketika sampel daging sapi yang sama disimpan dalam kondisi anaerobik pada suhu 20C hingga populasi mencapai jumlah  $10^{11}$ /g, bakteri fakultatif anaerobik seperti *Lactobacillus* dan *Leuconostoc* menjadi dominan (Ray, 2004).

Pengenalan waktu generasi species mikroba, terutama pada kondisi optimum pertumbuhan dan perilaku species mikroba tersebut, dalam populasi campuran berperan penting dalam pengawetan dan pengolahan pangan. Secara teoretis, mikroorganisme termasuk mikroorganisme yang digunakan dalam fermentasi pangan dan patogen dapat tumbuh dalam pangan hingga mencapai jumlah yang menyebabkan kerusakan. Hanya species dari beberapa genus mikroorganisme yang berimplikasi terhadap kerusakan pangan. Secara umum, terdapat tiga jenis mikroba yang dapat menyebabkan kerusakan pangan, yaitu mikroba psikrofilik, termofilik, dan asidurik (Gill, 1986: Kraft, 1992: Sinell, 1980: Ray, 1992).

Mikroba, terutama bakteri psikrofilik merupakan mikroba yang mampu tumbuh pada suhu di bawah 50C, tetapi pertumbuhan yang cepat terjadi pada suhu 10-25°C, bahkan pada suhu yang lebih tinggi. Bakteri, beberapa khamir, dan kapang psikrofilik dapat tumbuh serta menyebabkan kerusakan pada beberapa pangan yang disimpan dalam es (chilling) dan mempunyai umur simpan sekitar 50 hari. Bakteri anaerobik dan fakultatif anaerobik dominan pada pangan yang disimpan dalam kondisi anaerobik juga bagian interior pangan (Gill, 1986: Kraft, 1992: Sineli, 1980: Ray, 1992).

Bakteri termofilik dapat menyebabkan kerusakan pada pangan yang diberi perlakuan panas rendah dan tidak terkontaminasi setelah pemanasan. Mikroba

psikrofilik penyebab kerusakan pangan dapat dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu: (1) mikroba psikrofilik aerobik, yaitu *Pseudomonas fluorescens*, *P. fragi*, species *Pseudomonas* yang lain, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *lavobacterium*, khamir, dan kapang, (2) mikroba psikrofilik fakultatif anaerobik, yaitu bakteri *8. thermosphacta*, *Lactobacillus viridescens*, *L. sake*, *L. curvatus*, *Lactobacillus spp*, *Leuconostoc carnosum*, *L. gelidum*, *L. mesenteroides*, *Leuconostoc spp*, beberapa *Enterococcus spp.*, *Alcaligenes spp.*, *Enterobacter spp*, *Serratia liguifaciens*, beberapa *Hafnia* dan *Proteus spp.*, *Shewanella putrefaciens* dan beberapa khamir mikroaerofilik, serta (3) mikroba psikrofilik termotoleran yang terdiri atas fakultatif anaerob, seperti spora *Bacillus coagulans* dan *B. megaterium*, beberapa strain *L. viridescens*: dan anaerob seperti spora *Clostridium laramie*, *C. estertheticum*, *C. algidicarnis*, *C. putrefaciens*, dan *Clostridium spp.* (Gill, 1986, Kraft, 1992: Ray, 1992). Spora mampu bertahan hidup pada perlakuan panas yang rendah, setelah bergerminasi, sel akan tumbuh pada suhu rendah. Ketika suhu penyimpanan pangan naik di atas 5°C seperti selama transportasi dan penjualan, beberapa mikroba mesofilik (kisaran suhu pertumbuhan 15-50°C, dengan suhu optimum 25-40°C) dapat tumbuh. Secara umum, mikroba psikrofilik dapat tumbuh lebih cepat dibandingkan dengan mesofilik pada suhu 10-15°C.

Mikroba termofilik termasuk bakteri yang tumbuh pada kisaran suhu 40-90°C, dengan suhu optimum pertumbuhan 55-65°C. Spora dari beberapa bakteri termofilik, seperti *Bacillus* dan *Clostridium spp.* dapat hidup, bergerminasi, tumbuh, dan menyebabkan kerusakan pada beberapa pangan yang diolah pada suhu panas tinggi serta disimpan pada suhu hangat (50-60°C) untuk waktu yang lama. Selain itu, beberapa bakteri termotoleran dalam bentuk vegetatif dapat bertahan hidup pada pengolahan pangan, dengan panas rendah seperti pasteurisasi atau termofil yang mengontaminasi setelah pemanasan juga dapat tumbuh pada pangan yang mempunyai suhu hangat, khususnya pada suhu mendekati 50°C. Kelompok bakteri tersebut termasuk beberapa bakteri asam laktat, seperti *Pediococcus acidilactici* dan *Streptococcus thermophilus*, serta beberapa *Bacillus* dan *Clostridium spp.* Bakteri tersebut juga dapat bertahan hidup dan menyebabkan kerusakan pada pangan, seperti beberapa daging olahan yang dipanaskan pada suhu 60-65°C atau disimpan pada suhu hangat untuk waktu yang lama (Gill, 1986: Kraft, 1992: Sinell, 1980, Ray, 1992).

Bakteri yang dapat tumbuh relatif cepat pada pangan yang mempunyai pH 4,6 atau lebih rendah, dikenal sebagai bakteri asidurik atau asidofilik. Bakteri tersebut biasanya berkaitan dengan kerusakan produk pangan asam, seperti jus buah, pikle, salsa, salad dressings, mayones, dan sosis fermentasi. Bakteri asam laktat heterofermentatif seperti *L. fructivorans*, *L. fermentum*, dan *L. mesenteroides*, serta bakteri asam laktat homofermentatif seperti *L. plantarum* dan *P. acidilactici* diketahui berkaitan dengan kerusakan pangan tersebut. Khamir dan kapang asidurik juga berkaitan dengan kerusakan pangan tersebut (Ray, 2004).

### **4.1.2 Jenis Pangan**

Tingkat kerentanan pangan terhadap mikroorganisme penyebab kerusakan pangan bervariasi, yang dipengaruhi oleh perbedaan faktor intrinsik seperti aktivitas air ( $a_w$ ), potensi oksidasi-reduksi, kandungan nutrisi, komponen antimikroba, dan struktur protektif. Pangan yang mempunyai  $a_w$  tinggi (sekitar 0,98) atau pH sekitar 6,4 lebih rentan terhadap kerusakan akibat aktivitas mikroba dibandingkan pangan yang mempunyai  $a_w$  rendah (kurang dari 0,90) atau pH rendah (kurang dari 5,3). Kapang dan khamir dapat tumbuh sama baiknya pada kedua kondisi pangan tersebut (Sinell, 1980; Ray, 1992). Berdasarkan tingkat kerentanan terhadap kerusakan mikroba, pangan dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu pangan perishabel yang cepat rusak dalam beberapa hari, semiperishabel yang mempunyai masa simpan relatif panjang dalam beberapa minggu atau bulan, serta pangan non-perishabel yang mempunyai masa simpan sangat panjang beberapa bulan atau tahun.

Metabolisme nutrisi selama pertumbuhan mikroorganisme dalam pangan dapat mengubah kualitas pangan melalui berbagai cara, yaitu melalui perubahan yang menyebabkan aroma tidak menyenangkan karena hasil produk akhir yang mudah menguap (volatil), perubahan warna karena pigmen atau oksidasi komponen berwarna seperti oksidasi mioglobin daging, perubahan tekstur karena pemecahan pektin oleh pektinase dalam sayuran, perubahan kelunakan jaringan dalam daging oleh proteinase atau penggumpalan susu oleh enzim proteolitik, akumulasi gas karena  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ , atau  $\text{H}_2\text{S}$ , serta pembentukan jendri karena dekstran dan beberapa jenis eksopolisakarida (Kraft, 1992).

Kerusakan pangan juga dapat terjadi karena terlalu banyak sel mikroba dan akumulasi cairan hasil pemecahan struktur pengikat air pada daging akibat dehidrasi. Beberapa perubahan tersebut juga terjadi dari efek metabolisme mikroorganisme terhadap pH pangan. Asam organik yang dihasilkan oleh mikroorganisme menyebabkan penurunan pH pangan dan dapat menurunkan kemampuan pengikatan air pangan, seperti pertumbuhan beberapa bakteri asam laktat dalam pangan yang mempunyai kandungan lemak tinggi atau produk daging olahan.

Komponen dasar yang dihasilkan oleh mikroorganisme dalam pangan juga dapat meningkatkan pH dan menurunkan daya terima pangan oleh konsumen, seperti dekarboksilasi asam amino pada produk daging olahan yang diberi perlakuan panas rendah dan menghasilkan amina, meningkatkan pH dan mengubah warna produk dari coklat muda menjadi merah muda dalam beberapa daging olahan. Tabel 14.1 menyajikan daftar beberapa produk akhir metabolisme mikroorganisme pada nutrisi pangan, yang menyebabkan kerusakan atau perubahan kualitas pangan. Produk akhir tersebut bervariasi, bergantung pada jenis metabolisme misalnya respirasi aerobik dan fermentasi.

### **4.1.3 Indikator Kerusakan Pangan**

Mikroorganisme dapat menyebabkan kerusakan pangan melalui » tara, yaitu (1) melalui pertumbuhan dan aktivitas metabolisme sej hidup terhadap komponen pangan dan (2) aktivitas enzim ekstraseluler dan intraseluler sel mikroorganisme yang telah

mati bereaksi dengan komponen pangan, sehingga menyebabkan perubahan sifat fungsional dan menuntun kerusakan pangan. Secara ekonomis, kerusakan pangan berpengaruh terhadap produser, pengolahan, dan konsumsi pangan.

Pada umumnya, indikator kualitas produk cenderung spesifik berkorelasi dengan jenis mikroorganisme tertentu. Tabel 14.2 memperlihatkan beberapa mikroorganisme yang berkorelasi tinggi dengan kualitas produk.

**Tabel 14.2** Beberapa mikroorganisme yang berkorelasi tinggi dengan kualitas produk

Mikroorganisme	Produk
<i>Acetobacter</i> spp.	Sari buah apel segar
<i>Bacillus</i> spp.	Adonan roti
<i>Byssochlamys</i> spp.	Buah-buahan yang dikalengkan
<i>Clostridium</i> spp.	Keju keras
Bakteri asam laktat	Bir dan minuman anggur

Mikroorganisme	Produk
<i>Lactobacillus lactis</i>	Susu mentah
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Gula
<i>Pseudomonas putrefacens</i>	Mentega
<i>Zygosaccharomyces bailii</i>	Mayones dan salad

(Sumber: Jay, 2000)

Kerusakan pangan oleh mikroba tidak hanya dapat menyebabkan kerugian secara ekonomi, tetapi juga dapat mengurangi ketersediaan pangan untuk masyarakat, terutama dengan peningkatan populasi penduduk. Usaha peningkatan produksi pangan tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan pangan, tetapi harus diiringi dengan usaha meminimalkan kerusakan pangan. Berbagai metode pengawetan pangan telah dilakukan, tetapi beberapa jenis bahan baku pangan dan pangan olahan masih rentan terhadap kerusakan oleh mikroorganisme. Penentuan masa simpan dan indikator kerusakan pangan mempunyai peran penting dalam usaha meminimalisasi kerusakan pangan oleh mikroba.

Berbagai kriteria telah digunakan sebagai indikator untuk memprediksi masa simpan pangan dan mengestimasi tahap kerusakan pangan oleh mikroba. Indikator atau kriteria kerusakan pangan dapat dikelompokkan menjadi 3, yaitu sensoris, mikrobiologis, dan analisis kimia untuk metabolit spesifik yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Berbagai produk metabolisme mikroba digunakan untuk menguji dan memprediksi kualitas

mikroba beberapa produk pangan. Tabel 14.3 memperlihatkan beberapa produk metabolisme mikroorganisme yang berkorelasi dengan kualitas produk pangan.

### **4.3 RANGKUMAN**

Pertumbuhan mikroorganisme dalam pangan dapat mencapai jumlah yang tinggi hingga menyebabkan kerusakan. Karakteristik kerusakan pangan berbeda, bergantung pada jenis mikroba dan komponen pangan yang dimetabolisme. Karakteristik kerusakan pangan oleh mikroba bervariasi antarjenis atau kelompok pangan. Kerusakan pangan tidak hanya menyebabkan kerugian secara ekonomis, tetapi juga berpengaruh terhadap ketersediaan pangan. Teknik yang efisien diperlukan untuk memperkirakan umur simpan pangan, untuk mereduksi kerugian ekonomi dan ketersediaan pangan tersebut.

### **4.4 SOAL LATIHAN**

1. Jelaskan efek jenis dan jumlah mikroba dalam kerusakan pangan!
2. Pangan yang rusak pada umumnya didominasi oleh satu atau dua jenis mikroorganisme, bagaimana dominasi tersebut dapat terjadi?
3. Apa yang dimaksud dengan respirasi aerobik, respirasi anaerobik, dan fermentasi? Sebutkan masing-masing contoh yang berhubungan dengan aroma bau dan pembentukan gas dari nutrisi pangan!
4. Sebutkan bakteri psikrotropik penting yang terdapat dalam daging mentah dan gambarkan pola metabolisme serta hubungannya dengan kerusakan untuk setiap genus mikroba!
5. Sebutkan 4 inhibitor mikroba yang terdapat dalam telur dan mikroba pembusuk! Apa yang dominan menyebabkan kerusakan telur dan telur olahan?
6. Sebutkan mikroflora yang dominan pada susu pasteurisasi! Jelaskan pula

## **BAB V**

### **PENYAKIT BAWAAN PANGAN**

#### **5.1 PENDAHULUAN**

Topik ini bertujuan untuk mengenal beberapa penyebab penyakit bawaan pangan, peran mikroorganisme, dan beberapa faktor lain dalam penyakit bawaan pangan. Informasi tersebut akan membantu pemahaman epidemiologi penyakit bawaan pangan dan pengembangan metode pengendalian penyakit bawaan pangan. Penyakit bawaan pangan didefinisikan sebagai wabah jika 2 atau lebih dari 2 Orang menjadi sakit dengan gejala sakit karena konsumsi pangan yang sama dari sumber yang sama, penelitian epidemiologi terlibat secara langsung atau tidak langsung pada pangan yang sama dari sumber sama yang menyebabkan sakit. Pada kasus botulism, karena tingkat kematian tinggi bahkan jika hanya satu orang yang menderita sakit sudah dipertimbangkan sebagai wabah, begitu juga dengan satu kasus keracunan bahan kimia yang disebut sebagai wabah (Garvani, 1987). Angka kejadian penyakit bawaan pangan lebih tinggi di negaranegara yang sedang berkembang dibandingkan dengan sebagian negara-negara maju. Alasan utama angka kejadian penyakit bawaan pangan yang rendah di negara maju adalah implementasi regulasi dalam produksi dan penanganan pangan, praktik baik sanitasi dan ketersediaan fasilitas yang diperlukan untuk mengurangi kontaminasi pangan (Garvani, 1987, Bean, et al., 1990).

Penyakit bawaan pangan dapat mengakibatkan penderitaan, ketidaknyamanan dan kelemahan. Kerugian ekonomi akibat penyakit bawaan pangan berasal dari berbagai faktor, seperti perawatan medis, tuntutan hukum, penurunan pendapatan dan produktivitas, kehilangan pekerjaan, pengembalian dan pemusnahan produk pangan, serta biaya penelitian yang tinggi. Penyakit bawaan pangan pada manusia disebabkan oleh konsumsi makanan atau minuman yang terkontaminasi sel hidup bakteri patogen, spora dalam kasus botulism atau pangan yang mengandung toksin yang dihasilkan oleh bakteri atau kapang toksigenik. Berdasarkan mekanisme, Ray (2004), mengelompokkan penyakit bawaan pangan menjadi 3 kelompok, yaitu intoksikasi atau keracunan, infeksi, dan toksikoinfeksi. Intoksikasi merupakan penyakit yang terjadi karena mengonsumsi toksin bakteri atau kapang yang berada dalam pangan yang terkontaminasi. Contoh Intoksikasi bawaan pangan adalah stafilokokus, Infeksi merupakan penyakit akibat konsumsi makanan atau minuman yang terkontaminasi sel hidup bakteri enteropatogen atau virus. Contoh infeksi adalah salmonellosis dan hepatitis A. Toksikointeksi merupakan penyakit akibat konsumsi sel hidup dari beberapa bakteri patogen dalam jumlah yang besar, melalui makanan dan minuman yang terkontaminasi. Secara umum, sel bakteri yang membentuk spora atau sel yang mati dapat mengeluarkan toksin yang menyebabkan gejala sakit. Contoh toksikoinfeksi adalah *C. perfringens* yang menyebabkan gastroenteritis.

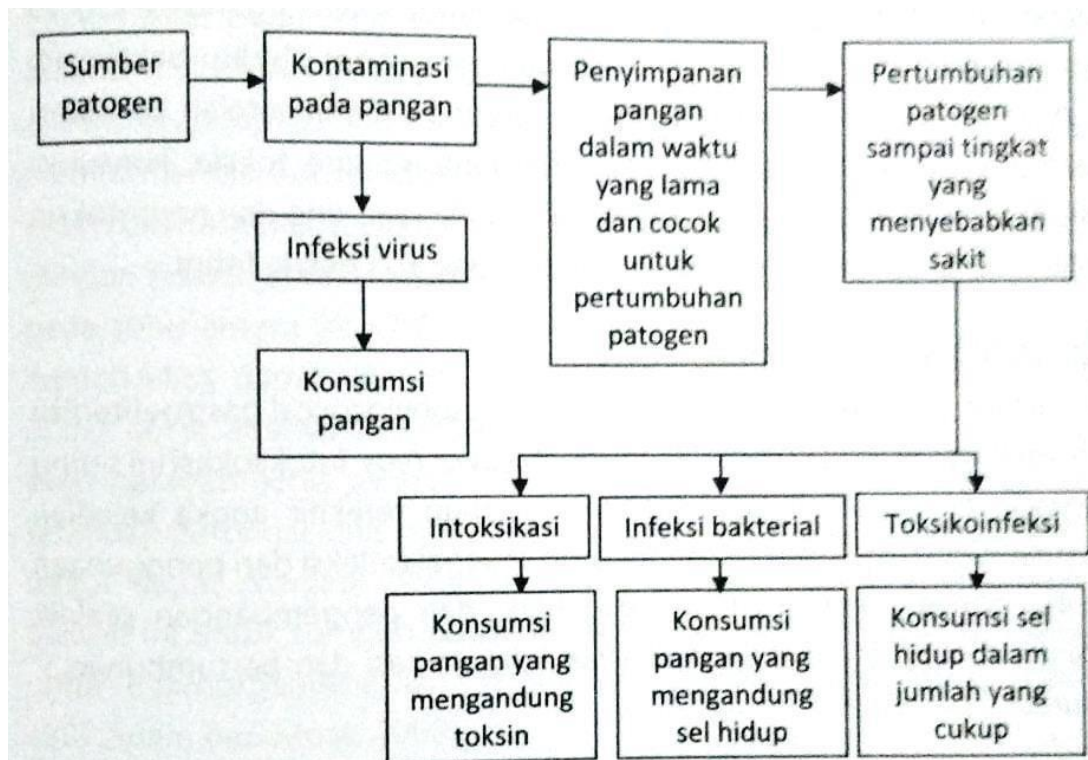
## 5.2 SUBSTANSI BAHAN AJAR

### 5.2.1 Penyakit Bawaan Pangan

Selain mikroorganisme patogen yang berkaitan dengan penyakit bawaan pangan, beberapa species atau strain bakteri nonpatogen dalam keadaan hidup dalam jumlah tinggi dapat menyebabkan gastroenteritis, khususnya pada individu yang rentan. Walaupun berbagai jenis bakteri patogen dan virus terlibat dalam wabah penyakit bawaan pangan dengan angka kejadian tinggi, bakteri *C. botulinum* dan *S. aureus* merupakan bakteri patogen yang paling umum menyebabkan intoksikasi bawaan pangan. Bakteri *Salmonella* merupakan bakteri patogen enterik yang pada umumnya menyebabkan wabah infeksi bawaan pangan. Penyebab utama wabah toksikoinfeksi adalah *C. perfringens* dan *Bacillus cereus*.

Dua jenis virus yang menyebabkan penyakit bawaan pangan adalah virus hepatitis A dan virus Norwalk. Jenis pangan tertentu atau pangan yang ditangani pada kondisi lingkungan tertentu, dapat menyebabkan penyakit bawaan pangan lebih tinggi daripada jenis pangan yang lain. Pangan hewani (daging, Ikan, telur, dan susu) sekitar 2346 terlibat dalam wabah penyakit bawaan pangan dan *Salmonella* serovars terlibat dalam proporsi tinggi. Beberapa pakan ternak dapat menjadi pembawa *Salmonella* yang hidup dalam saluran pencernaan dan mengontaminasi daging, telur, dan susu. Wabah penyakit bawaan karena produk ikan, angka kejadian penyakit bawaan pangan paling tinggi disebabkan oleh *C. botulinum* tipe non-proteolitik E yang berada dalam lingkungan air laut. Pada tahun-tahun terakhir, peningkatan wabah penyakit bawaan pangan dari produk perikanan hampir sama dengan buah dan sayuran yang terkontaminasi *C. botulinum* dari tanah. Bakteri patogen dan kapang toksigenik dapat mengontaminasi pangan yang didukung oleh waktu dan suhu lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan mikroorganisme tersebut. Pertumbuhan beberapa patogen potensial seperti *E. coli* 0157:H7 tidak menyebabkan infeksi. Pertumbuhan mikroorganisme hingga mencapai jumlah yang cukup, untuk menghasilkan toksin yang dikonsumsi bersama pangan dan menyebabkan gejala intoksikasi. Sel hidup patogen dalam jumlah cukup besar yang dikonsumsi bersama pangan, dapat bertahan hidup dalam lingkungan asam lambung dan berada dalam saluran pencernaan untuk menimbulkan gejala sakit infeksi. Konsumsi sel hidup *C. perfringens* dan *Vibrio cholera* yang menghasilkan toksin dalam saluran pencernaan akan menimbulkan gejala sakit toksikoinfeksi. Gambar

15.1 menyajikan ilustrasi tahapan yang menuntun terjadinya penyakit bawaan pangan oleh bakteri patogen dan virus.



**Gambar 15.1** Ilustrasi tahapan yang menuntun terjadi penyakit bawaan pangan (Ray, 2004)

### 5.1.2 Intoksikasi Bawaan Pangan

Intoksikasi bawaan pangan terjadi karena konsumsi pangan yang mengandung toksin dari mikroorganisme. Terdapat 3 jenis intoksikasi mikroorganisme, yaitu intoksikasi stafilocokal, botulism, dan mikotoksikosis dari kapang. Gambar 15.2 memperlihatkan morfologi 3 jenis mikroorganisme penyebab intoksikasi bawaan pangan. Walaupun *Bacillus cereus* juga dapat menghasilkan toksin yang tahan terhadap pemanasan dan menyebabkan intoksikasi, tetapi *B. cereus* akan dibahas pada bagian toksikoinfeksi (Tatini, 1973; Smith, et al, 1983, Garvani, 1987). Ray (2004), mengemukakan beberapa karakteristik intoksikasi bawaan pangan, yaitu: (1) Toksin dihasilkan oleh mikroorganisme patogen ketika tumbuh dalam pangan; (2) Toksin dapat bersifat labil atau stabil terhadap panas; (3) Penyakit timbul karena konsumsi pangan yang mengandung toksin aktif, bukan sel hidup mikroorganisme kecuali kasus botulism pada bayi yang mengonsumsi spora hidup bakteri; (4) Gejala muncul dengan cepat dalam waktu 30 menit setelah konsumsi pangan; (5) Gejala sakit beragam bergantung tipe toksin, konsumsi enterotoksin menyebabkan gejala sakit pada lambung dan neurotoksin menyebabkan gejala neurologikal; (6) Tidak ada gejala febril. *Staphylococcus aureus* adalah bakteri gram positif berbentuk bulat (koksi) bergerombol, nonmotil, nonkapsular, dan tidak membentuk spora. Kebanyakan strain *S. aureus* dapat

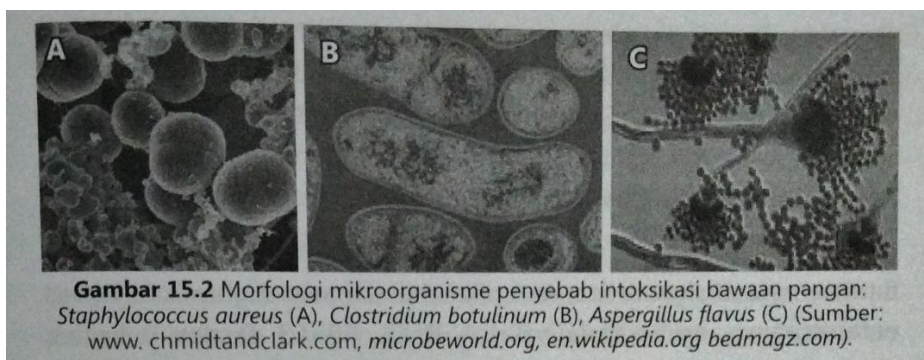


memfermentasi manitol dan menghasilkan koagulase, termonuklease, dan hemolisin, tetapi mempunyai sensitivitas yang beragam terhadap bakteriofag. Sel bakteri mati pada suhu 66°C selama 12 menit dan pada suhu 72°C selama 15 detik. Bakteri *S. aureus* merupakan bakteri fakultatif anaerobik, tetapi tumbuh cepat pada kondisi aerobik. Bakteri ini dapat memfermentasi karbohidrat dan dapat menyebabkan proteolisis oleh enzim ekstraseluler proteolitik. Bakteri ini merupakan bakteri mesofilik dengan kisaran suhu pertumbuhan antara 7-48°C, tumbuh lebih cepat pada suhu antara 20-37°C, dapat tumbuh pada a, rendah (0,86), pH rendah (4,8), dapat tumbuh pada konsentrasi garam dan gula tinggi (1596), serta adanya NO<sub>2</sub>. Oleh karena itu, *S. aureus* dapat tumbuh pada beragam jenis pangan. Bakteri ini merupakan kompetitor lemah terhadap berbagai jenis mikroorganisme yang terdapat dalam pangan, tetapi dapat menjadi dominan dalam pangan karena kemampuan bakteri ini untuk tumbuh dalam kondisi lingkungan yang tidak sesuai untuk mikroorganisme lain (Tatini, 1973, Smith, et al, 1983: Garvani, 1987: Adam dan Moss, 2008).

Enterotoksin yang dihasilkan oleh strain *S. aureus* secara umum berkaitan dengan keracunan pangan stafilocokal, keterlibatan strain dari species *Staphylococcus* yang berbeda dalam intoksikasi ini belum

a. Intoksikasi Stafilocokal

Intoksikasi bawaan pangan stafilocokal (*staphylococcal gastroenteritis*) disebabkan oleh toksin dari *Staphylococcus aureus*. Intoksikasi ini sering terjadi di seluruh dunia, pada tahun-tahun terakhir angka kejadian keracunan stafilocokal telah menurun sebagai refleksi dari penggunaan suhu penyimpanan pangan yang baik, dan pengembangan praktik sanitasi yang dapat mengendalikan kontaminasi dan pertumbuhan *S. aureus* (Ray, 2004).



secara oral atau diinjeksi melalui intraperitoneal atau intravena Gejala muntah yang ditunjukkan oleh hewan uji mengindikasikan positif enterotoksin stafilocokal. Pemurnian dan metode imunolog merupakan uji serologi yang direkomendasikan. Uji ini tidak hanya sensitif, tetapi juga dapat mengidentifikasi jenis enterotoksin yang terlibat dalam keracunan pangan stafilocokal (Ray, 2004).

## b. Botulism

Botulism disebabkan oleh konsumsi pangan yang mengandung toksin botulin dari *Clostridium botulinum*. Botulin merupakan racun neurotoksin yang menyebabkan gejala neurologikal disertai dengan beberapa gejala gastrik (Bean dan Griffin, 1990: Bean, et al., 1990). Bayi dapat mengalami botulism ketika bayi mengonsumsi spora *C. botulinum*, spora tersebut dapat bergerminasi, tumbuh, dan menghasilkan toksin dalam saluran pencernaan, serta menyebabkan gejala spesifik (Ray, 2004).

Sel bakteri *C. botulinum* termasuk dalam kelompok bakteri gram positif, berbentuk batang, dapat berbentuk sel tunggal atau rantai pendek, kebanyakan motil, obligat anaerobik, dan membentuk spora tunggal. Sel sensitif terhadap pH rendah ( $\ll 4,6$ ), a, rendah (0,93), dan moderat terhadap kadar garam tinggi (5,596). Spora dapat bergerminasi dalam media yang mengandung nitrit (250 ppm). Spora sangat resistan terhadap panas (mati pada suhu 11500), tetapi sel akan mati pada suhu pasteurisasi. Pembentukan toksin terjadi selama pertumbuhan. Strain bakteri *C. botulinum* dapat bertindak sebagai proteolitik atau nonproteolitik (Pierson dan Reddy, 1988: Adam dan Moss, 2008). Berdasarkan jenis produksi toksin, strain *C. botulinum* dapat dibagi menjadi 6 jenis, yaitu A, B, C, D, E, dan F. Strain jenis A, B, £, dan f berkaitan dengan intoksikasi bawaan pangan pada manusia. Strain jenis A adalah proteolitik, dan strain E non-proteolitik, tetapi jenis strain 8 dan F dapat bertindak sebagai proteolitik atau non-proteolitik

## c. Mikotoksikosis

Beberapa strain kapang yang tumbuh pada lingkungan yang Cocok termasuk pangan dapat menghasilkan bahan toksik terhadap manusia dan ternak termasuk unggas. Toksin tersebut dikelompokkan k dalam kelompok mikotoksin. Konsumsi pangan yang mengandung mikotoksin dapat menyebabkan mikotoksikosis, yang merupakan metabolit sekunder dan bukan protein atau toksin enterik (Bullerman 1979: Moorman, 1990).

Kebanyakan mikotoksin merupakan karsinogen dan dapat menyebabkan berbagai jenis kanker jaringan tubuh. Beberapa mikotoksin akan menjadi toksin pada organ, tetapi mekanismenya belum diketahui, Ergotism merupakan penyakit bawaan pangan yang disebabkan oleh konsumsi roti gandum hitam yang terkontaminasi *Claviceps purpurea*, Penyakit bawaan pangan juga dapat terjadi karena konsumsi strain toksigenik dari beberapa species *Penicillium*, *Fusarium*, dan *Aspergillus flavus* (Ray, 2004).

Beberapa species kapang yang dapat menghasilkan mikotoksin adalah *A. flavus* dan *A. parasiticus* yang menghasilkan aflatoxins, *A. nidulans*, *A. viricolor* (sterigmatositin), *Penicillium viridicatum* (okratoksin), *P. patulum* (patulin), *P. roquefortii* (roquefortin), dan *C. purpurea* (ergotoksin). Strain toksigenik tidak dapat dibedakan hanya berdasarkan karakteristik morfologi dari strain non-toksigenik (Bullerman, 1979).

Secara umum, pertumbuhan terbaik kapang dilakukan di lingkungan lembap dan hangat. Kapang tersebut termasuk kapang aerobik, dapat tumbuh lambat pada a, rendah

(0,65), suhu rendah (suhu refrigerasi) dan pH rendah (pH 3,5). Kondisi tersebut sering digunakan untuk meningkatkan masa simpan pangan. Kapang tersebut juga dapat tumbuh pada pangan yang dikemas hampa udara dan menghasilkan toksin (Bullerman, 1979; Adam dan Moss, 2008).

### **5.3 RANGKUMAN**

Penyakit bawaan pangan dapat bersifat sporadis atau wabah yang - disebabkan oleh berbagai jenis mikroorganisme patogen yang beberapa di antaranya lebih dominan dari patogen lain. Pertumbuhan mikroorganisme patogen penyebab penyakit bawaan pangan dapat menghasilkan toksin yang terlibat dalam intoksikasi pada manusia. Toksin dapat berupa molekul organik kecil yang labil atau stabil terhadap panas. Jenis toksin yang dihasilkan bergantung pada jenis mikroorganisme patogen yang dapat menghasilkan gejala enterik, neurologis atau kanker. Angka kejadian intoksikasi penyakit bawaan pangan dapat diturunkan dengan penggunaan sanitasi dan pengawetan pangan yang tepat selama pengolahan dan penanganan. Infeksi bawaan pangan dapat disebabkan oleh beberapa patogen dari virus enterik. Sel dan partikel dapat bertahan hidup pada lingkungan saluran pencernaan dan menyebabkan infeksi dalam usus halus, serta menghasilkan gejala enterik dan demam. Beberapa patogen juga dapat menginfeksi organ dalam dan menghasilkan penyakit spesifik. Hampir semua patogen tersebut sensitif terhadap panas yang rendah dan mati oleh perlakuan pasteurisasi. Program sanitasi, perlakuan pemanasan, dan refrigerasi yang tepat dapat menurunkan angka kejadian infeksi bawaan pangan.

### **5.4 SOAL LATIHAN**

1. Apa yang dimaksud dengan intoksikasi, infeksi, dan toksikoinfeksi bawaan pangan? Berikan contoh masing-masing!
2. Jelaskan mengapa bakteri patogen mendominasi penyakit bawaan pangan!
3. Sebutkan 5 faktor penting yang berkontribusi terhadap kejadian penyakit bawaan pangan oleh bakteri patogen!
4. Sebutkan karakteristik intoksikasi bawaan pangan!
5. Jelaskan beberapa karakteristik pertumbuhan *S. aureus* yang dapat tumbuh dalam pangan, sehingga dapat memproduksi toksin!

## DAFTAR PUSTAKA

- Abee, T. and J.A. Wouters. 1999. Microbial Stress Response in Minimal Processing. *Int. J. Food Microbiol.* 50, 65.
- Acheson, D.. 1999. Toxins Associated with Foodborne Illness. *Food Qual.* 6(6), 30.
- Adams, M.R and M.O. Moss. 2008. *Food Microbiology*. Third Ed. The RSC. Pub. Cambridge CB. WF: UK.
- Ahmadi, F. 2011. The Effect of *Saccharomyces Cervisiae* (Thepax) on Performance, Blood Parameters and Relative Weight of Lymphoid Organs of Broiler Chicks. *Global Veterinaria* 6(5):471-475.
- Blcantara, T., S. Sanchez, J. Gome and A. Sanroman. 1999. Influence of Carbon and Nitrogen Sources on *Flavobacterium* Growth and Zeaxanthin Biosynthesis. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 23:697-700.
- Bllison, G.E. and T.R. Klaenhammer. 1998. Phage Defense Mechanisms in Lactic Acid Bacteria. *Int. Dairy J.*, 8, 207.
- Bltieri, C., B. Speranza, M.A. Del Nobile, and M. Sinigaglia. 2005. Suitability of Bifidobacteria and Thymol As Biopreservatives in Extending The Shelf Life of Fresh Packed Plaice Fillets. *J. Appl. Microbiol.* 99. 1294-1302.
- Dlvarez-Olmos, M.I., and R.A. Oberhelman. 2001. Probiotic Agents and Infectious Diseases: A Modern Perspective on A Traditional Therapy. *Clin Infectious Diseases.* 32 (11):1567-1576.
- Dandrew, M.H.E. and A.D. Russell. 1984. Eds.. *The Revival of Injured Microbes*. Academic Press: Orlando, FL.
- Fbee, T. and J.A. Wouters. 1999. Microbial Stress Response in Minimal Processing. *Int. J. Food Microbiol.* 50, 65.
- Fcheson, D.. 1999. Toxins Associated with Foodborne Illness. *Food Qual.* 6(6), 30.
- Ldams, M.R and M.O. Moss. 2008. *Food Microbiology*. Third Ed. The RSC. Pub. Cambridge CB. WF: UK.
- lhmadi, F. 2011. The Effect of *Saccharomyces Cervisiae* (Thepax) on Performance, Blood Parameters and Relative Weight of Lymphoid Organs of Broiler Chicks. *Global Veterinaria* 6(5):471-475.

- Mlcantara, T., S. Sanchez, J. Gome and A. Sanroman. 1999. Influence of Carbon and Nitrogen Sources on Flavobacterium Growth and Zeaxanthin Biosynthesis. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 23:697-700.
- Nllison, G.E. and T.R. Klaenhammer. 1998. Phage Defense Mechanisms in Lactic Acid Bacteria. *Int. Dairy J.*, 8, 207.
- Oltieri, C., B. Speranza, M.A. Del Nobile, and M. Sinigaglia. 2005. Suitability of Bifidobacteria and Thymol As Biopreservatives in Extending The Shelf Life of Fresh Packed Plaice Fillets. *J. Appl. Microbiol.* 99. 1294-1302.
- Walker, M and C.A. Phillips. 2007. The Growth of Propionibacterium Cyclohexanicum in Fruit Juices and Its Survival Following Elevated Temperature Treatments. *Food Microbiol.* 24:313-318,
- Wasserman, B.P. 1984. Thermostable Enzyme Production, *Food Technol.* 38(2), 78.
- Wells, J.M. and K.M. Schofield. 1996. Cloning and Expression Vectors for Lactococci, in *Lactic Acid Bacteria: Current Advances in Metabolism, Genetics and Applications.* Bozoglu, T.F. and Ray, B., Eds., SpringerVerlag, New York.
- While, T.J., JH. Meade, S.P. Shoemaker, K.E. Koths, and M. Innis. 1984. Enzyme Cloning for The Food Fermentation Technology. *Food . Technol.* 38(2), 90.
- Wilson, C.L., M.E. Wisniewski, C.L. Biles, R. McLaughlin, E. Chalutz, and S. Dorby. 1991. Biological Control of Post-Harvest Diseases of Fruits and Vegetables: Alternatives to Synthetic Fungicides. *Crop Prot*, 10, 172.
- Wolfson, L.M. and S.S. Summer. 1993. Antibacterial Activity of the Lactoperoxidase System: A Review. *J. Food Prot.*, 56, 887.
- Wood, B.J.B. 1998. Ed. *Microbiology of Fermented Foods*, 2nd ed., Vols. 1 & 2, Blackie & Academic Professionals: New York.
- Yousef, A.E. and V.K. Juneja. 2003. Eds., *Microbial Stress Adaptation and Food Safety.* CRC Press: Boca Raton, FL.

## GLOSARIUM

Absorpsi	: pergerakan ion dan air hasil proses metabolisme dalam organisme, baik yang melawan perbedaan potensial elektromagnetik (aktif) atau hasil dari difusi sepanjang perbedaan aktivitas (pasif).
Adenosin trifosfat	:molekul yang menyediakan energi untuk reaksi biokimia. ATP juga merupakan komponen penting dalam transfer kelompok fosfat.
Adsorpsi	: suatu proses penyerapan atau pengambilan atom, molekul atau ion pada permukaan dengan ikatan kimia atau fisika.
Aerobik	: (i) bagian lingkungan yang mempunyai molekul oksigen, (ii) pertumbuhan hanya terjadi dalam keadaan tersedia molekul oksigen, (iii) reaksi kimia tertentu atau proses biokimia yang terjadi dengan adanya molekul oksigen seperti respirasi aerobik.
Aerob	: nama deskriptif diberikan kepada suatu mikroorganisme yang dapat tumbuh dalam kondisi di mana oksigen hadir. Organisme tersebut mampu tumbuh di udara normal, setara dengan oksigen 20, atau dalam cairan soda yang mengandung oksigen terlarut. Banyak aerob sama-sama bisa tumbuh tanpa adanya oksigen. Ini diistilahkan anaerob fakultatif.
Aflatoksin	: suatu poliketida metabolit sekunder yang dapat menyebabkan kanker,
Medium diferensial	: medium biakan dengan indikator seperti pewarna, yang menunjukkan berbagai reaksi kimia berbeda selama pertumbuhan.
Meiosis	: proses pembelahan sel diploid untuk menghasilkan sel haploid pada eukariota.
Mesofil	: mikroorganisme dapat tumbuh dengan baik antara suhu 20-45 <sup>0</sup> C, memiliki pertumbuhan optimum pada suhu 30-40 <sup>0</sup> C, beberapa dapat tumbuh di bawah suhu 10 <sup>0</sup> C meskipun sangat lambat.
Metafase	: tahapan dalam mitosis atau meiosis, di mana kromosom

diselaraskan Mitosis: proses pemisahan genom sel dan membelah diri menjadi ganda yang identik. Mitosis pada umumnya segera diikuti oleh sitokinesis yang membagi sitoplasma dan membran sel. Mitosis menyebabkan dua sel anak yang identik terdistribusi sama dengan organel dan komponen seluler lainnya.

- Moraxella : bakteri gram negatif berbentuk batang merupakan parasit yang terdapat pada selaput berlendir hewan berdarah panas dan manusia.
- Media : materi cairan atau padat yang disiapkan untuk pertumbuhan, pemeliharaan, atau penyimpanan mikroorganisme.
- Medium kompleks : medium yang komposisi kimianya belum diketahui secara tepat, disebut juga medium tidak terdefinisi.
- Medium selektif : medium yang memungkinkan pertumbuhan beberapa jenis mikroorganisme dalam preferensi. Misalnya, media yang mengandung antibiotik memungkinkan pertumbuhan hanya mikroorganisme yang resistan terhadap antibiotik,

