

MONOGRAF

**SOLARISASI TANAH
PRA-TANAM
(ST-PT)**

**Teknologi
Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT)
Tanpa Pestisida**

Dr. Ir. Paiman, MP.



**Penerbit
UPY Press**

Monograf

SOLARISASI TANAH PRA-TANAM (ST-PT)

Teknologi Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman
(OPT) Tanpa Pestisida

Penulis:

Dr. Ir. Paiman, MP.

ix + 50 hal, 15 cm x 23 cm

ISBN : 978-602-73690-4-7

Editor:

Prof. Dr. Prapto Yudono, M.Sc.

Penyunting:

Drs. Muh. Kusberyunadi, M.MA.

Desain Sampul dan Tata Letak:

Maulana Iman Saputra

Penerbit:

UPY Press

Alamat Redaksi:

Jl. PGRI I Sonosewu No. 117, Yogyakarta

Telp (0274) 376808, 373198, 418077 Fax. (02740)
376808

Email: upypress@gmail.com

<http://www.upy.ac.id>

Cetakan pertama, Oktober 2016

Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang

Dilarang memperbanyak karya tulisan ini tanpa izin
tertulis dari Penerbit.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala limpahan nikmat, rahmat dan hidayahNya dan sholawat serta salam untuk junjungan Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan penulisan buku monograf dengan judul: Solarisasi Tanah Pra-Tanam (ST-PT).

Buku monograf ini merupakan hasil studi dari beberapa referensi yang terkait dengan permasalahan ST-PT. Alasan penulis tertarik menulis buku monograf ini agar pengendalian dengan teknologi ST-PT segera dikenalkan kepada petani dan diterapkan dalam budidaya tanaman. Penerapan teknologi ini dapat mengurangi dampak negatif penggunaan pestisida yang berlebihan.

ST-PT merupakan proses hidrotermal dengan memanfaatkan energi matahari untuk memanaskan lensa tanah dengan bantuan lembaran plastik transparan. ST-PT merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman (OPT). ST-PT merupakan metode pengendalian OPT yang dilakukan pra-tanam. ST-PT juga dapat meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Metode ini belum banyak dimanfaatkan oleh pelaku pertanian karena belum diketahui manfaatnya .

Pengendalian OPT saat ini lebih fokus menggunakan pestisida. Ratusan bahkan ribuan produk pestisida telah diproduksi oleh pabrik yang dipersiapkan untuk melayani kebutuhan di bidang pertanian. Penggunaan pestisida yang berlebihan sangat sangat berbahaya bagi manusia dan merusak lingkungan baik jangka pendek maupun jangka panjang.

Dampak negatif yang terjadi di atas dapat diatasi dengan metode lain yang lebih aman yaitu dengan

menggunakan ST-PT. Sementara potensi radiasi matahari di Indonesia berlimpah. Hal ini merupakan peluang bagi Indonesia untuk dapat memanfaatkannya melalui ST-PT. ST-PT sangat mungkin dapat dikembangkan dan diterapkan di seluruh wilayah Indonesia karena terletak di sekitar garis katulistiwa. Harapan ke depan penggunaan pestisida dapat dikurangi dan produk pertanian yang dihasilkan lebih aman dan sehat bagi konsumennya.

Semoga buku monograf ini bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya. Penulis menyadari bahwa isi dalam buku ini masih banyak kekurangannya. Oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang selalu penulis tunggu dalam rangka perbaikan isi buku ini sehingga materi yang termuat sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini dan ke depan.

Yogyakarta, 20 Oktober 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
AKRONIM	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masasah	2
C. Nilai Kebaharuan (<i>Novelty</i>)	3
BAB 2. SUMBER ENERGI	5
A. Radiasi Matahari	5
B. Perpindahan Panas dalam Tanah	9
BAB 3. PERAN LEMBARAN PLASTIK	12
A. Sifat Optik Plastik	12
B. Warna Lembaran Plastik	14
BAB 4. SOLARISASI TANAH PRA-TANAM (ST-PT)	17
A. Pengertian	18
B. Faktor-faktor yang Mempengaruhi ST- PT	19
C. Mekanisme Solarisasi Tanah	20
D. Suhu Tanah	24
BAB 5. SASARAN SOLARISASI TANAH PRA- TANAM	27
A. Kematian Propagul Gulma	27
B. Kematian Patogen Tanah	35
C. Kematian Hama dalam Tanah	38
D. Peningkatan Kesuburan Tanah	39
E. Peningkatan Pertumbuhan Tanaman	40
KESIMPULAN	41

DAFTAR PUSTAKA	42
UCAPATAN TERIMA KASIH	49
BIODATA PENULIS	50

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Aproksimasi Jangkauan Panjang Gelombang Berbagai Warna dalam Spektrum Cahaya Tampak	8
Tabel 2. Gulma yang Dapat Dikendalikan dengan Solarisasi Tanah	33
Tabel 3. Gulma yang Sulit Dikendalikan dengan Solarisasi Tanah	34
Tabel 4. Jenis Gulma yang Sulit dan Mudah Dikendalikan dengan Plastik Transparan	35

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Pancaran Radiasi Matahari pada Permukaan Tanah dan Atmosfer Bumi	6
Gambar 2. Konduksi Satu Dimensi pada Lapisan Tanah	10
Gambar 3. Sifat Optik Lembaran Plastik Trans- paran	14
Gambar 4. Bagan Alir (ST-PT)	17
Gambar 5. Mekanisme Solarisasi Tanah pada Profil Tanah	22
Gambar 6. Bedengan dengan ST-PT dan Tanpa ST-PT	23
Gambar 7. Gulma Teki (<i>Cyperus rotundus</i>) Mati Akibat Suhu Tanah Tinggi	34

AKRONIM

OPT	=	Organisme pengganggu tanaman
ST-PT	=	Solarisasi tanah pra-tanam

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Saat ini, orientasi para petani dalam usaha budidaya tanaman selalu tertuju pada kuantitas hasil yang setinggi-tingginya. Untuk mencapai target tersebut, mereka memaksimalkan pemanfaatan sarana produksi yang tersedia, termasuk penggunaan pestisida.

Penggunaan pestisida sudah sangat memasyarakat di kalangan petani. Mereka berpikir bahwa agar tanamannya bisa panen maksimal, maka perlu penggunaan pestisida sebagai pendampingnya. Tidak semua gangguan terhadap tanaman dapat diselesaikan dengan pestisida. Penggunaan pestisida secara berlebihan akan berdampak negatif terhadap hasil tanaman atau produk yang dihasilkan, kesehatan manusia dan lingkungan termasuk hewan atau organisme lain yang bermanfaat bagi tanaman.

Dampak negatif yang dapat dirasakan langsung oleh petani di lapangan diantaranya yaitu mereka sering mengalami keracunan saat bekerja akibat menghirup partikel-partikel pestisida yang disempotkan pada tanaman. Hal yang sering dirasakan yaitu pusing dan akhirnya pingsan. Dampak negatif bagi konsumen sebagai pengguna produk pertanian yaitu akan mengkonsumsi produk yang mengandung residu pestisida. Jangka panjang akan terakumulasi di dalam tubuhnya. Hal ini sangat berbahaya bagi kesehatan konsumen.

Disamping itu, dampak negatif terhadap lingkungan terutama terhadap jasad hidup atau organisme tanah (mikrobia tanah) yang berinteraksi dengan tanaman ikut terbunuh. Organisme ini terdapat di bawah permukaan tanah yang berfungsi sebagai tenaga kerja petani karena

ikut membantu menyediakan ketersediaan hara yang dibutuhkan tanaman dan memperbaiki struktur tanah.

Di samping itu, ada hewan lain yang bermanfaat bagi tanaman juga ikut terbunuh yaitu: cacing, ikan, musuh alami (predator). Kejadian tersebut sebagai bukti bahayanya bagi lingkungan akibat penggunaan pestisida yang berlebihan.

Organisme pengganggu tanaman (OPT) yang merugikan terdiri atas hama, penyakit dan gulma. Pengendalian OPT selalu fokus menggunakan pestisida. Ratusan bahkan ribuan produk telah diproduksi oleh pabrik. Hal ini sangat berbahaya untuk jangka panjang jika tidak dikendalikan penggunaannya.

Oleh sebab itu, perlu ditemukan alternatif lain cara pengendalian yang lebih tepat. Harapan ke depan agar hasil pertanian yang diperoleh bebas dari residu pestisida, aman bagi manusia dan lingkungan tetap lestari.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut. Selama ini petani dalam usaha budidaya pertanian lebih suka menggunakan pestisida untuk mengendalikan OPT. Mereka beralasan, penggunaan pestisida dirasakan lebih mudah aplikasinya, lebih efisien dari sisi biaya dan efektif dari sisi waktu untuk kerjanya. Sebenarnya mereka sudah paham tentang bahayanya penggunaan pestisida yang berlebihan. Namun dalam benak mereka belum mengetahui solusi lain untuk menggantikan penggunaan pestisida.

Solusi yang lebih aman untuk masa depan yaitu dipilih penggunaan ST-PT untuk budidaya pertanian. Namun saat ini, mereka belum banyak yang mengetahui efektivitas manfaat dari ST-PT untuk menekan OPT. Sisi lain yang belum mereka ketahui yaitu manfaat ST-PT

terhadap peningkatan kesuburan tanah serta pertumbuhan tanaman.

C. Nilai Kebaruan (*Novelty*)

Pengkajian tentang teknologi ST-PT belum banyak dilakukan oleh penulis-penulis sebelumnya. ST-PT telah dikaji sebelumnya oleh beberapa negara. Pengkajian ST-PT pernah dilakukan di negara Israel pada tahun 1976. Pada waktu yang sama, ST-PT dimanfaatkan di Amerika untuk pengendalian jamur patogen pada *Verticillium dahliae* pada tanaman bunga kol, kapas dan tomat.

Ahli penyakit tanaman dari Amerika telah mengenalkan istilah solarisasi tanah (*soil solarization*). Publikasi ilmiah telah dilakukan pada tahun 1981, enam negara telah melakukan penelitian ST-PT untuk pengendalian hama di dalam tanah. Tahun 1982 terdapat 22 negara dan tahun 1990 terdapat 38 negara telah menggunakan solarisasi untuk disinfeksi tanah (DeVay, 1991. *cit.* Isais, 2001).

Penelitian ST-PT yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, dengan publikasi ilmiahnya, yaitu: 1). Pengaruh perbedaan warna mulsa plastik untuk solarisasi tanah terhadap efektifitas pemanasan tanah dilakukan oleh Alkayssi dan Alkaraghoul pada tahun 1987, 2). Pengaruh solarisasi tanah di dalam rumah kaca terhadap gulma dan produksi bunga potong oleh Isais tahun 2001, 3). Pengaruh solarisasi tanah pada tanaman *Lettuce* oleh Hasing tahun 2002, 4). Solarisasi tanah untuk pengendalian penyakit layu *sklerotium* pada tanaman kedelai oleh Ratulangi pada tahun 2004, dan 5). Pengaruh solarisasi tanah terhadap populasi gulma pada musim panas dilakukan oleh Ozores-Hampton and Stanssly tahun 2004. Penelitian ST-PT di Indonesia belum dilakukan secara maksimal. Hasil penelitian yang pernah dilakukan

masih hanya ada di level peneliti saja dan belum memasyarakat.

Beberapa nilai kebaruan dalam pengkajian ST-PT ini, yaitu:

1. ST-PT sebagai pengganti pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) yang lebih ramah lingkungan.
2. Pemilihan warna lembaran plastik untuk menghasilkan suhu tanah yang tinggi.
3. Manfaat suhu tanah yang tinggi untuk menekan propagul gulma, patogen tanaman dan hama di dalam tanah.
4. Manfaat ST-PT terhadap peningkatan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman.

BAB 2

SUMBER ENERGI

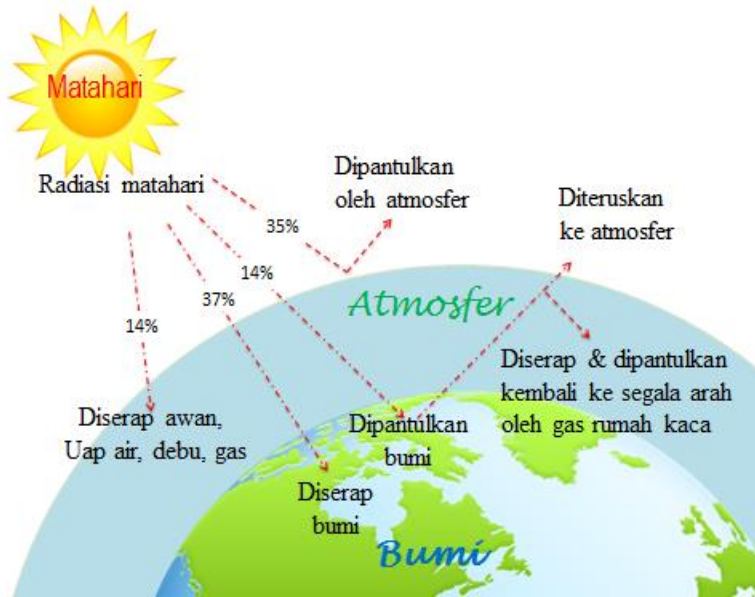
A. Radiasi Matahari

Matahari merupakan sumber energi bagi kehidupan makhluk hidup yang berada di bumi. Semua makhluk hidup sangat tergantung pada energi yang dipancarkan matahari. Energi yang dipancarkan oleh matahari di batas luar atmosfer adalah sebesar $1,94 \text{ cal/cm}^2/\text{menit}$.

Matahari memasok energi ke bumi dalam bentuk radiasi. Setiap tahunnya ada sekitar $3,9 \times 10^{24} \text{ joule} = 1,08 \times 10^{18} \text{ kWh}$ energi matahari yang mencapai permukaan bumi.

Sekitar 35% dari radiasi matahari tidak sampai ke permukaan bumi. Hampir seluruh radiasi yang bergelombang pendek (sinar alpha, beta dan ultraviolet) diserap oleh tiga lapisan teratas. Radiasi yang lainnya dihamburkan dan dipantulkan kembali ke ruang angkasa oleh molekul gas, awan dan partikel. Sisa radiasi matahari yang 65% masuk ke dalam troposfir. Di dalam troposfir, sekitar 14% radiasi matahari diserap oleh uap air, debu, dan gas-gas tertentu sehingga hanya 51% yang sampai ke permukaan bumi. Selanjutnya sekitar 37% merupakan radiasi langsung dan 14% radiasi difus yang telah mengalami penghamburan dalam lapisan troposfir oleh molekul gas dan partikel debu. Radiasi yang diterima bumi, sebagian diserap sebagian dipantulkan. Radiasi yang diserap dipancarkan kembali dalam bentuk sinar inframerah.

Untuk lebih jelasnya pancaran radiasi matahari dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Pancaran Radiasi Matahari pada Permukaan Tanah dan Atmosfer Bumi

Energi matahari yang sampai permukaan bumi telah banyak dimanfaatkan oleh manusia sebagai pembangkit listrik tenaga surya, penggerak motor dan lainnya. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa radiasi matahari di atas dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan OPT sebagai pengganti pestisida melalui teknologi ST-PT.

Cahaya adalah suatu bentuk energi radiasi yang mempunyai sifat sebagai gelombang dan partikel. Sifatnya sebagai gelombang dapat dilihat dengan terjadinya pembiasan dan pemantulan cahaya oleh suatu medium, sedang sifatnya sebagai partikel dapat dilihat dengan terjadinya efek foto listrik. Energi radiasi terdiri dari sejumlah besar gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang berbeda-beda. Bagian-bagian

suatu radiasi dapat dipisah-pisahkan menjadi spektrum elektromagnetik (Triyati, 1985).

Energi matahari terpancar hingga ke bumi berupa paket-paket energi yang disebut photon. Setiap warna dalam spektrum mempunyai energi, frekuensi dan panjang gelombang yang berbeda. Energi photon (E_p) setiap warna dalam spektrum cahaya nilainya yaitu:

$$W_p = hf = \frac{hc}{\lambda},$$

Keterangan:

W_p = Energi photon (eV)

h = Konstanta Planck's ($6,63 \times 10^{-34}$ J/s)

c = Kecepatan cahaya elektromagnetik ($2,998 \times 10^8$ m/s)

λ = Panjang gelombang (nm)

f = Frekuensi (Hz).

Spektrum cahaya matahari dengan panjang gelombang yang lebih pendek akan mempunyai energi photon lebih besar (Anonim, 2012).

Intensitas cahaya adalah jumlah energi radiasi yang dipancarkan oleh suatu sumber cahaya pada arah tertentu per satuan sudut dinyatakan dengan satuan candela (cd). Kemampuan mata manusia hanya dapat melihat cahaya dengan panjang gelombang tertentu yaitu spektrum cahaya tampak (Anonim, 2012).

Perpindahan panas radiasi merupakan proses perpindahan panas yang terjadi diantara dua permukaan tanpa adanya media perantara. Misalnya perpindahan panas antara matahari dengan tanah. Udara bukan perantara dalam perpindahan panas karena suhu udara di sekitar tanah lebih rendah daripada suhu tanah.

$$q_r = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (\Delta T^4)$$

$$q_r = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_1^4 - T_2^4)$$

Keterangan:

q_r = Laju perpindahan panas radiasi (W)

A = Luas penampang bidang (m²)

T = Suhu (K)

σ = Konstanta Stefan-Boltzman [W/m²K⁴]

ϵ = Emisivitas bahan (0 < ϵ < 1)

$\epsilon = 0$ (benda putih) dan $\epsilon = 1$ (benda hitam)

Cahaya tampak merupakan sebagian kecil dari seluruh radiasi elektromagnetik dan terdiri dari komponen-komponen merah, jingga, kuning, hijau, biru dan ungu, masing-masing warna mempunyai panjang gelombang yang berbeda. Satuan yang banyak digunakan untuk menyatakan panjang gelombang yaitu Angstrom, dimana 1 A = 10⁻¹⁰ m (Triyati, 1985).

Tabel 1. Aproksimasi Jangkauan Panjang Gelombang Berbagai Warna dalam Spektrum Cahaya Tampak.

Warna Cahaya	Aproksimasi Jangkauan Panjang Gelombang	
	Nanometer (nm)	Angstrom (A)
Ungu	380-450	3800-4500
Biru	450-490	4500-4900
Hijau	490-560	4900-5600
Kuning	560-590	5600-5900
Jingga	590-630	5900-6300
Merah	630-760	6300-7600

Sumber : Giancoli dan C. Douglas, 2001.

Tabel 1 di bawah menunjukkan bahwa 1 nm = 0,000000001 m. Semakin kecil panjang gelombang, maka

energi dan frekuensi semakin besar dan sebaliknya. Warna cahaya ungu atau biru mempunyai energi panas lebih tinggi dibandingkan warna cahaya jingga atau merah karena panjang gelombangnya lebih pendek.

Radiasi matahari setelah mengenai permukaan tanah akan dimanfaatkan oleh tumbuh-tumbuhan hijau untuk melakukan fotosintesis. Intensitas cahaya yang mengenai permukaan tanah akan diubah menjadi energi panas (gelombang panjang) untuk meningkatkan suhu bumi atau tanah. Energi panas sebagian dipantulkan kembali ke atmosfer dan sebagian diserap tanah. Panas yang terjadi akan dipindahkan dari permukaan tanah ke jeluk tanah yang lebih dalam.

B. Perpindahan Panas dalam Tanah

Perpindahan panas (*heat transfer*) merupakan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Energi yang pindah dinamakan panas (*heat*).

ST-PT adalah teknologi pengendalian OPT dengan mengelola energi panas. Panas yang terjadi di permukaan tanah ditahan agar tidak lepas kembali ke atmosfer secara konveksi dengan bantuan lembaran plastik transparan. Panas di bawah permukaan plastik tidak mampu menembus lembaran plastik, maka panas akan dipindahkan ke jeluk tanah lebih dalam.

Perpindahan panas di dalam tanah terjadi secara konduksi. Perpindahan panas terjadi karena molekul-molekul tanah pada suhu yang lebih tinggi bergetar dengan lebih bergairah, sehingga molekul-molekul tersebut dapat memindahkan tenaga kepada molekul-molekul yang lebih lesu yang berada di dekatnya dengan kerja mikroskopik yaitu panas.

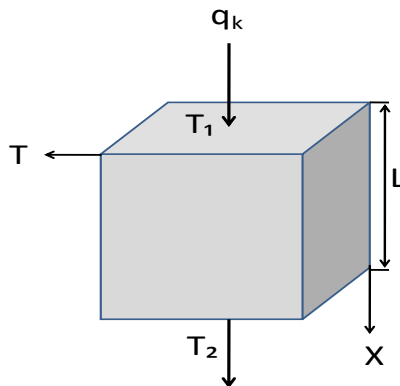
Perpindahan panas mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah,

dengan media penghantar panas tetap. Perpindahan panas terjadi karena meningkatnya tenaga gerak atau tenaga kinetik molekul-molekul tanah, sehingga menumbuk molekul-molekul di dekatnya yang tenaga geraknya lebih kecil.

Perpindahan panas secara konduksi yaitu perpindahan panas jika panas mengalir dari tempat yang suhunya lebih tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah, dengan media penghantar panas tetap. Atau proses perpindahan panas terjadi antara benda atau partikel-partikel yang berkontak langsung, melekat satu dengan yang lainnya; tidak ada pergerakan relatif di antara benda-benda tersebut.

Jumlah panas yang dipindahkan persatuan luas per satuan waktu disebut kerapatan aliran panas (q_k) yang ditentukan oleh gradien suhu ($\frac{dT}{dx}$) dan sifat daya hantar panas (k).

Untuk lebih jelasnya perpindahan panas dalam tanah dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Konduksi Satu Dimensi pada Lapisan Tanah

Persamaan laju konduksi dikenal dengan Hukum Fourier (*Fourier law of heat conduction*) tentang

konduksi, yang persamaan matematikanya dituliskan sebagai berikut (Boehm, 1999):

$$q_k = - k A \frac{dT}{dX}$$

$$q_k = - k \frac{A}{L} (T_1 - T_2)$$

Keterangan:

q_k = Laju panas konduksi yang berpindah (W)

A = Luas penampang untuk aliran panas (m^2)

L = Tebal lapisan tanah (m)

k = Daya hantar panas (W/m.K)

T = Suhu ($^{\circ}K$)

(-) = Tanda minus diselipkan agar memenuhi hukum Termodinamika II yaitu aliran panas dari tempat bersuhu tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah.

Energi kinetik molekul ditunjukkan oleh suhunya. Pada tanah bagian atas bersuhu tinggi, maka molekul-molekulnya mempunyai kecepatan yang lebih tinggi daripada yang berada di tanah bagian bawah yang bersuhu rendah. Molekul-molekul itu selalu dalam gerakan acak dan saling tumbukan satu sama lain akan terjadi pertukaran energi. Jika suatu molekul bergerak dari tempat bersuhu tinggi ke tempat bersuhu rendah, maka molekul itu akan mengangkut energi kinetik ke bagian sistem yang suhunya lebih rendah dan saat itu terjadi penyerahan energi waktu bertumbukan dengan molekul yang energinya lebih rendah.

Jika aliran panas dinyatakan dalam watt, maka satuan untuk aliran panas watt per meter per derajat Celsius. Nilai aliran panas menunjukkan seberapa cepat panas mengalir dalam tanah dari lapis ke lapis.

BAB 3

PERAN LEMBARAN PLASTIK

Lembaran plastik transparan mempunyai sifat optik sehingga cahaya matahari yang mengenai akan terpolarisasi menjadi cahaya monokromatik. Energi matahari yang dipancarkan sampai ke bumi sebesar $2,0 \text{ kal/cm}^2/\text{detik}$ dan diubah menjadi energi panas. Lembaran plastik warna transparan sebagai penutup tanah akan berperan untuk menjebak panas konveksi yang dilepaskan oleh tanah, sehingga suhu tanah di bawah plastik menjadi tinggi (Fahrurrozi, 2009).

A. Sifat Optik Plastik

Sifat optik adalah respon material terhadap gelombang elektromagnetik (radiasi matahari) terutama untuk cahaya tampak. Sifat cahaya yaitu dapat merambat lurus, menembus benda transparan, dipantulkan dan dibiaskan.

Di bidang optik terutama lembaran plastik transparan dapat bersifat: 1). *Transparency* disebut juga *pellucidity* atau *diaphaneity* yang artinya transparansi yaitu sifat fisik yang memungkinkan cahaya untuk melewati suatu bahan. 2). *Translucency* disebut *translucence* atau *translucidity* artinya tembus cahaya yaitu memungkinkan cahaya untuk lulus melaluinya dan tidak kembali.

Istilah plastik transparan artinya sebuah lembaran plastik yang mentransmisikan cahaya sebagian besar dengan sedikit diabsorpsi dan refleksi. Kebalikan dari *translucency* yaitu *opacity* (tidak tembus cahaya) artinya tidak dapat mentransmisikan cahaya. Jika ada cahaya yang diemisikan langsung diserap atau dipantulkan.

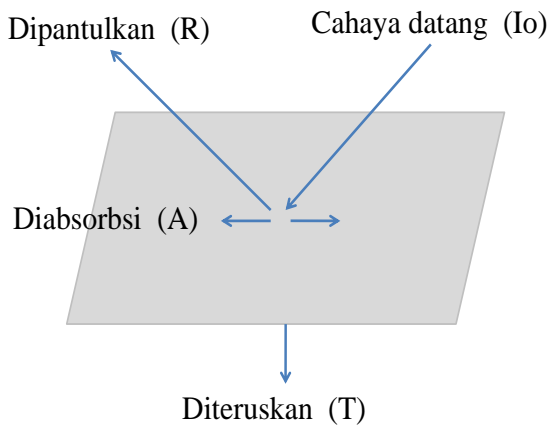
Sifat optik lembaran plastik jika diemisikan cahaya yaitu: meneruskan (T), memantulkan (R), menyerap (A) (Ham dan Kluitenberg, 1994). Apabila photon-photon berada dalam jangkauan panjang gelombang 0,38-0,76 μm , maka photon-photon tersebut mempengaruhi mata manusia sebagai cahaya tampak (dapat dilihat). Jika photon-photon yang diradiasikan mencapai permukaan lembaran plastik, maka photon-photon tersebut akan diserap, direfleksikan dan diteruskan oleh permukaan lembaran plastik. Hampir 100% lembaran plastik transparan akan meneruskan photon-photon yang mengemainya menuju ke permukaan tanah.

Sifat optik lembaran plastik menggambarkan respon terhadap radiasi cahaya. Ketika cahaya matahari mengenai permukaan lembaran plastik, maka sebagian besar akan ditransmisikan melalui lembaran plastik, beberapa akan diserap dan terjadi proses absorpsi, dan beberapa akan dipantulkan atau terjadi proses refleksi.

Warna lembaran plastik memiliki kemampuan optis dalam mengubah kuantitas dan kualitas cahaya. Plastik warna hitam, merah, coklat dan hijau cenderung menyerap cahaya lebih banyak dibandingkan warna transparan atau warna yang cerah termasuk warna perak (Fahrurrozi dan Stewart, 1994).

Intensitas dari cahaya datang yang ditransmisikan ke permukaan lembaran plastik (I_o) akan sama dengan intensitas cahaya yang ditransmisikan (T), diabsorpsi (A) dan dipantulkan (R) yang dinyatakan dalam bentuk rumus: $I_o = T + A + R$. Jika dianggap I_o sama dengan 100% atau 1, maka $T + A + R = 1$.

Berikut gambaran sifat optik dari lembaran plastik transparan dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Sifat Optik Lembaran Plastik Transparan

Hasil pengukuran terhadap sifat optik lembaran plastik yang diukur pada gelombang pendek (0,3-1,1 μm) dan panjang (2,4-25 μm) dengan alat *Spektroradiometer* pada lembaran plastik transparan yaitu: dipantulkan (R) = 0,11; diteruskan (T) = 0,84; diserap (A) = 0,05 dan sedangkan mulsa plastik hitam yaitu: dipantulkan (R) = 0,03; diteruskan (T) = 0,01; diserap (A) = 0,96 (Ham *et al.*, 1993). Hal ini menunjukkan bahwa plastik warna transparan lebih banyak meneruskan cahaya dibandingkan warna hitam.

B. Warna Lembaran Plastik

Pemilihan warna plastik untuk tujuan ST-PT sebaiknya dipilih plastik warna transparan daripada warna yang lain. Warna plastik transparan lebih efektif meneruskan cahaya matahari yang mengenainya.

Lembaran plastik warna hitam tidak disarankan untuk ST-PT. Energi panas yang terjadi di bawah permukaan lembaran plastik warna hitam terjadi akibat

rambatan panas dari energi panas yang diserap plastik bukan cahaya yang diteruskan. Plastik warna hitam sangat efektif mengendalikan gulma karena tidak tembus cahaya. Propagul gulma di bawah permukaan lembaran plastik warna hitam tidak memiliki akses terhadap cahaya matahari, sehingga propagul gulma tidak dapat tumbuh. Meskipun ada yang dapat tumbuh, maka akan mati dengan adanya suhu yang relatif panas dan kelembaban tanah yang tinggi. Panas yang basah memiliki efek mematikan yang lebih tinggi dibandingkan panas yang kering (Fahrurrozi, 2009).

Plastik warna transparan dapat meneruskan hampir semua cahaya yang mengenai permukaan lembaran plastik (Fahrurrozi dan Stewart, 1994), sehingga menyebabkan suhu tanah sangat tinggi pada siang hari di bawah lembaran plastik. Suhu tinggi akan mematikan propagul gulma.

Pengaruh macam warna lembaran plastik terhadap suhu tanah tertinggi selama solarisasi dengan tingkatan berikut: merah > transparan > hijau > biru > kuning > hitam. Plastik warna transparan dapat digunakan secara luas oleh petani dalam aplikasi budidaya pertanian yang akan memberikan kondisi lebih baik dibandingkan mulsa plastik lain kecuali plastik warna merah (Alkayssi dan Alkaraghoul, 1987).

Sifat fotometri akan berbeda pada warna lembaran plastik yang berbeda. Sifat penerusan terhadap total energi radiasi matahari berurutan dengan tingkatan warna plastik: transparan > merah > hijau > kuning > hitam. Plastik warna transparan dan merah mempunyai kemampuan sama terhadap penerusan energi radiasi matahari dan radiasi infra merah. Warna plastik merah mempunyai kemampuan menyerap terhadap energi radiasi matahari lebih besar dibandingkan warna transparan lainnya (Alkayssi dan Alkaraghoul, 1987).

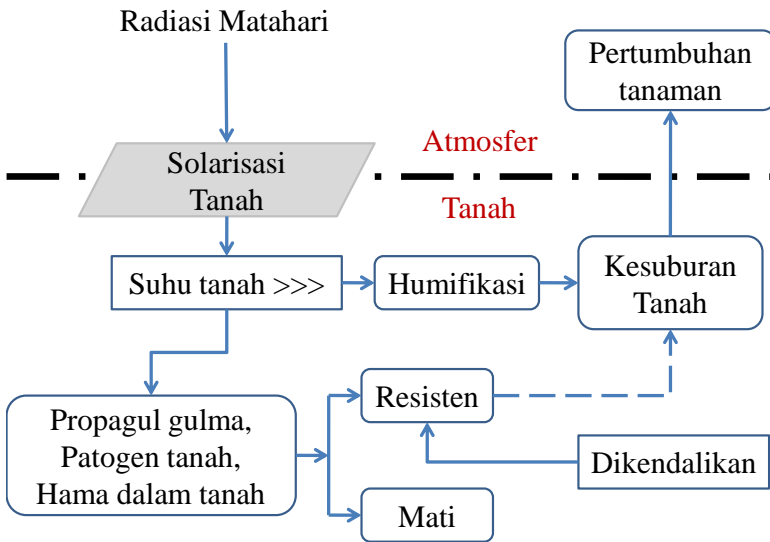
Besarnya cahaya matahari yang dapat diteruskan ke permukaan tanah ditentukan oleh ketebalan plastik, dimana semakin tipis plastik semakin besar cahaya yang dapat diteruskan ke permukaan tanah.

Fungsi persamaan eksponensial dari penerusan termoplastik *low density polyethylene* (LDPE) transparan yaitu: $T = 92 - e^{-0,0011 \cdot h}$, dimana T = penerusan dan h = ketebalan plastik, artinya semakin tebal plastik, maka semakin kecil energi yang diteruskan. Sifat optik penyerapan $A = 1 - (R + T)$, besarnya penyerapan (A) berbanding terbalik dengan penerusan (T) dan pemantulan (R). Semakin kecil pemantulan dan penerusan, maka semakin banyak panas yang diserap (Coelho *et al.*, 2003).

BAB 4

SOLARISASI TANAH PRA-TANAM (ST-PT)

ST-PT dapat digunakan sebagai alternatif untuk pengendalian patogen tanah dan propagul gulma serta peningkatan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat bagan alir pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Bagan Alir ST-PT

Gambar 4 di atas dapat dijelaskan bahwa ST-PT merupakan metode pengendalian yang tepat untuk

memecahkan masalah-masalah yang berkaitan dampak penggunaan pestisida secara intensif.

ST-PT dapat dijadikan solusi yang tepat untuk mengendalikan patogen tanah dan gulma, yang selama ini belum dimanfaatkan oleh petani atau pengusaha pertanian.

A. Pengertian

Belum banyak pelaku pertanian mengenal istilah solarisasi tanah (*soil solarization*). Istilah ini masih awam bagi masyarakat yang bergerak di bidang pertanian.

Solarisasi tanah adalah proses hidrotermal dengan memanfaatkan energi matahari untuk memanaskan lensa tanah yang dapat menggunakan mulsa plastik. Konsep dasar yaitu menggunakan lembaran plastik transparan untuk membantu pemindahan energi cahaya ke dalam tanah yang diserap untuk memanaskan tanah. Lembaran plastik transparan dapat mengurangi kehilangan panas secara konveksi dan meningkatkan suhu tanah yang diterima. Jika suhu di bawah lembaran plastik cukup tinggi, maka gulma dan organisme pengganggu lainnya akan terbunuh (Sinclair *et al.* 2001).

Solarisasi adalah sebuah metode pemanasan tanah dengan menggunakan lembaran plastik transparan untuk memanaskan lensa tanah dengan memanfaatkan radiasi matahari selama musim panas. Telah banyak kajian ST-PT yang membahas tentang keberhasilan penggunaan ST-PT untuk mengendalikan penyakit tanaman dan gulma (Al-Kaysii dan Al-Karaghoul, 2002).

Berdasarkan pengertian tersebut, maka komponen utama ST-PT mengandung empat hal pokok, yaitu: radiasi matahari, plastik (polietilen), lensa tanah dan OPT. Radiasi matahari mutlak diperlukan sebagai sumber energi. Plastik berfungsi sebagai pengubah sumber energi yaitu mengubah radiasi gelombang pendek menjadi gelombang panjang dan dihasilkan panas di bawah

permukaan plastik. Selanjutnya lengas tanah berfungsi sebagai penangkap dan penghantar panas yang dihasilkan plastik pada jeluk tanah yang lebih dalam. Panas dihasilkan akan mempengaruhi suhu tanah dan selanjutnya jika suhu tanah tinggi akan mematikan OPT di dalam tanah.

B. Faktor-faktor yang Mempengaruhi ST-PT

Pengendalian OPT dengan teknologi ST-PT mempunyai prospek yang sangat baik. Indonesia yang tergolong daerah tropis memiliki iklim yang sesuai untuk ST-PT, karena radiasi matahari berlimpah (Ratulangi, 2004). Keberhasilan ST-PT dipengaruhi oleh tipe tanah dan lengas tanah (Duff, 2003). Kecepatan gerakan panas tergantung dari daya hantar yang ditentukan oleh struktur tanah, bahan tanah dan lengas tanah. Tanah mampat dan mineral, warna hitam dan tanah lembab lebih cepat gerakan panasnya.

Beberapa faktor yang membatasi efektivitas ST-PT (Elmore *et al.*, 1997) yaitu:

1. Lokasi yang berkaitan dengan letak matahari. Posisi semakin dekat dengan matahari maka intensitas cahaya semakin banyak diterima oleh permukaan tanah.
2. Cuaca atmosfer, dimana suhu tanah tertinggi terjadi jika penyinaran lebih panjang, suhu udara tinggi, langit cerah dan tidak ada gerakan angin.
3. Waktu hubungannya dengan musim panas atau dingin, pada musim panas lebih tepat untuk ST-PT dan akan terjadi intensitas cahaya tinggi.
4. Durasi perlakuan ST-PT, semakin lama ST-PT maka akan sering terjadi suhu tanah tinggi yang dapat mengendalikan gangguan.
5. Permukaan tanah, jika tidak ada rongga udara di antara plastik dan permukaan tanah akan dihasilkan suhu

tanah lebih tinggi. Permukaan tanah rata akan dihasilkan suhu tanah lebih tinggi.

6. Kandungan lengas tanah, jika tanah dalam keadaan kering kurang efektif untuk menyimpan panas dibandingkan kapasitas lapang. ST-PT akan berhasil jika lengas tanah selalu terjaga.
7. Warna tanah, tanah warna gelap menyerap radiasi matahari lebih banyak dibandingkan warna cerah dan suhu lebih tinggi selama solarisasi.
8. Arah bedengan, arah utara selatan lebih baik dibandingkan arah timur barat, solarisasi lebih efektif jika tidak ada sudut kemiringan atau slope pada bedengan.

C. Mekanisme Solarisasi Tanah

Energi matahari merupakan radiasi elektromagnet dan dipancarkan oleh matahari dengan panjang gelombang yang bervariasi. Radiasi ini dipancarkan ke bumi berupa energi gelombang pendek dan melewati lembaran plastik transparan yang menutup permukaan tanah, selanjutnya mencapai permukaan tanah dirubah menjadi energi panas dan diserap oleh tanah yang menyebabkan suhu tanah naik (Fahrurrozi, 2009). Radiasi matahari yang maksimal sampai ke permukaan tanah mengakibatkan panas yang maksimal. Panas yang dipindahkan dari permukaan tanah ke dalam jeluk tanah lebih dalam.

Intensitas radiasi matahari siang hari relatif lebih besar yang mengenai secara langsung permukaan tanah. Mekanisme perpindahan panas terjadi dimulai dengan pemanasan suhu permukaan tanah oleh radiasi matahari (Sudartoyo, 2005). Permukaan bumi sebagai penyerap utama dari radiasi matahari, maka permukaan bumi merupakan sumber panas bagi udara di atasnya dan bagi lapisan tanah di bawahnya (Soemarno, 2011).

Tanah merupakan konduktor (penghantar panas) yang terbaik dibandingkan udara, kecuali pada tanah kering dimana ruang pori lebih banyak terisi udara. Daya hantar panas (λ) tanah basah 0,003-0,008 kal/cm²/detik. Tanah kering daya hantar panas (λ) sebesar 0,0004-0,0008 kal/cm²/detik. Daya hantar panas (λ) air sebesar 0,00143 kal/cm²/detik dan udara sebesar 0,000057 kal/cm²/detik (Anonim, 2009).

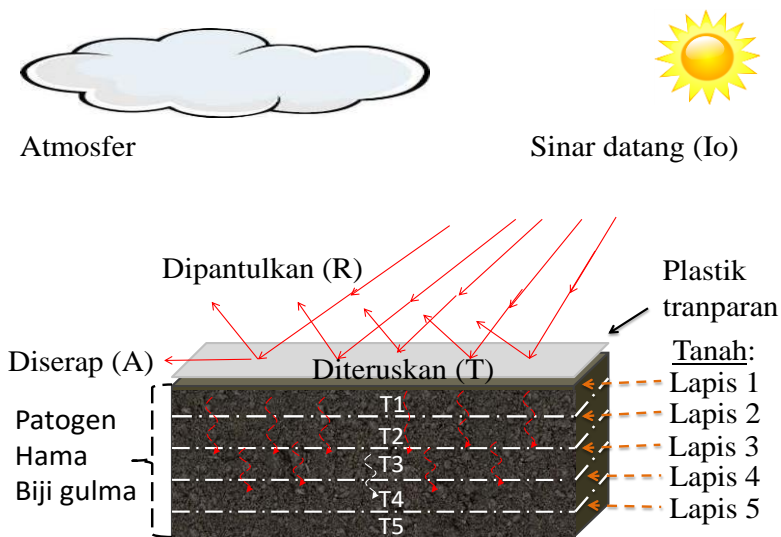
Pada siang hari, radiasi bersih yang tersedia di permukaan bumi sebagian digunakan untuk memanaskan tanah dan udara di atasnya. Jika jumlah panas dari tanah atau udara yang menerima anggaran dan radiasi bersih tetap, maka penerimaan panas tersebut hanya untuk meningkatkan suhu tanah dengan persamaan: $\Delta Q = m \cdot C \cdot \Delta T$ atau $\Delta Q = v \cdot C \cdot \Delta T$, c dan C merupakan sifat bahan yang disebut panas jenis dan kapasitas panas (isi) yang nilainya berbeda menurut jenis bahan (Anonim, 2009). Panas jenis yaitu jumlah energi panas yang diperlukan untuk meningkatkan suhu 1 °C dari 1 g tanah.

Tanah tidak dapat menyimpan panas dengan baik, karena sifatnya mudah menjadi panas dan mudah mengeluarkan panas atau dingin. Semakin besar nilai panas jenis (c) semakin baik menyimpan panas. Panas jenis (c) udara, tanah berpasir, tanah liat dan air masing-masing sebesar 0,24; 0,6; 0,8 dan 1,0 kal/g/°C. Hal ini menunjukkan bahwa dengan jumlah penerimaan panas yang sama dan jumlah massa (isi) yang sama, maka perubahan (kenaikan/penurunan) suhu dari tanah lebih tinggi daripada air. Air mampu menyimpan panas lebih baik dibandingkan tanah dan udara (Anonim, 2009).

Proses perpindahan panas yang terjadi di dalam tanah adalah perpindahan panas secara konduksi (Soemarno, 2011). Perpindahan panas di dalam tanah dapat terjadi dari lapis ke lapis tanah sesuai dengan tingkat jeluk tanah (kedalaman tanah). Panas yang diterima

permukaan tanah akan ditransfer ke jeluk tanah yang lebih dalam melalui proses konduksi. Panas yang dijalarkan akan memerlukan waktu tertentu. Panas akan menjalar ke jeluk tanah yang lebih dalam dengan waktu pemanasan permukaan tanah yang lebih lama.

Mekanisme perubahan energi matahari menjadi energi panas dan perpindahan panas dari permukaan tanah hingga ke lapisan yang lebih dalam diilustrasikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Mekanisme Solarisasi Tanah pada Profil Tanah

Radiasi matahari dipancarkan ke bumi mengenai permukaan lembaran plastik transparan. Sebagian besar diteruskan (T) dan sebagian kecil dipantulkan (R) dan diserap (A). Sinar matahari melewati lembaran plastik (diteruskan) sampai permukaan tanah. Energi matahari gelombang pendek diubah menjadi gelombang panjang disebut radiasi infra merah (energi panas) dan diserap

tanah. Radiasi gelombang panjang sebagian dilepaskan kembali permukaan tanah, namun terjebak oleh lembaran plastik.

Gambar 5 menjelaskan panas yang terjebak ini akan meningkatkan suhu permukaan tanah. Lembaran plastik menahan pemindahan kehilangan panas dari tanah ke udara, maka terjadi peningkatan suhu permukaan tanah di bawah permukaan plastik. Aliran panas dalam tanah akan bergerak dari suhu tanah tinggi ke suhu tanah rendah yaitu dari lapis 1 ke 2 (suhu T_1), lapis 2 ke 3 (suhu T_2), lapis 3 ke 4 (suhu T_3), lapis 4 ke 5 (suhu T_4), lapis 5 ke seterusnya (suhu T_5). Patogen, hama dan biji gulma akan mengalami banyak kematian pada lapis 1, menurun pada lapis 2, 3, 4, 5 dan seterusnya

Gambar 6 berikut menunjukkan contoh ST-PT pada bedengan yang ditutup dengan lembaran plastik transparan dan bedengan terbuka tanpa ST-PT.



Gambar 6. Bedengan dengan ST-PT dan bedengan terbuka tanpa ST-PT (Paiman, 2014).

D. Suhu tanah

Suhu adalah tingkat kemampuan benda dalam memberi atau menerima panas. Suhu sering dinyatakan sebagai energi kinetik rata-rata dari pergerakan molekul suatu benda yang dinyatakan dalam derajat suhu.

Suhu adalah suatu pernyataan tentang kinetik energi molekul benda. Adanya suatu beda suhu di dalam suatu benda pada umumnya akan menyebabkan perpindahan energi kinetik oleh banyaknya tumbukan dari molekul-molekul yang bergerak dari daerah yang lebih panas ke daerah yang lebih dingin.

Suhu tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut: 1). Faktor iklim meliputi radiasi matahari, hujan, angin, awan, suhu dan kelembaban udara. 2). Keadaan tanah meliputi: tekstur tanah, kadar air tanah, kandungan bahan organik, warna tanah dan struktur tanah, 3). Kondisi topografi yang meliputi: kemiringan lereng, arah lereng, tinggi permukaan tanah dan vegetasi (Soemarno, 2011).

Proses perpindahan panas yang terjadi di dalam tanah adalah perpindahan panas secara konduksi. Proses perpindahan ini terjadi karena adanya gerakan molekul dalam tanah. Kerapatan aliran panas tanah positif arah bawah ketika $\Delta S = - (q_{h2} - q_{h1})$ positif, maka lebih banyak panas yang masuk di bagian atas daripada yang meninggalkan bagian bawah tanah sehingga tanah menjadi panas. Jika $\Delta S = - (q_{h2} - q_{h1})$ negatif, maka lebih banyak panas yang keluar ke permukaan sehingga tanah menjadi dingin (Soemarno, 2011).

Laju aliran panas ke dalam tanah ditentukan gradien suhu dan konduktivitas tanah yang nilainya dipengaruhi oleh lengas dan bahan organik tanah. Fluktuasi suhu tanah tergantung pada jeluk tanah. Fluktuasi suhu tanah tinggi pada permukaan dan semakin kecil pada jeluk tanah yang lebih dalam. Suhu tanah maksimum pada permukaan tanah akan tercapai pada saat intensitas radiasi matahari

mencapai maksimum, tetapi untuk jeluk tanah yang lebih dalam, maka suhu maksimum tercapai setelah beberapa waktu kemudian. Menurut Soemarno (2011) fluktuasi suhu tanah terbesar di permukaan tanah dan akan berkurang dengan bertambah dalamnya jeluk tanah. Fluktuasi suhu permukaan tanah dipengaruhi oleh perubahan suhu atmosfer di atas permukaan tanah.

Hasil penelitian Yaqub dan Shahzad (2009), menyatakan bahwa lembaran plastik transparan dapat meningkatkan suhu tanah hingga 52 °C, sedangkan tanpa solarisasi hanya 36 °C. Pemanasan tanah dipengaruhi oleh jeluk tanah, semakin dalam jeluk tanah semakin rendah suhu tanahnya. Suhu tanah pada jeluk tanah 5 cm lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan jeluk 10 cm. Lembaran plastik transparan menghasilkan suhu tanah lebih tinggi pada jeluk tanah 5 dan 10 cm dibandingkan tanpa solarisasi pada jeluk tanah yang sama.

Plastik warna transparan efektif mempertahankan panas yang hilang ke atmosfer, sehingga dapat meningkatkan suhu tanah di siang hari 4-8 °C pada jeluk 5 cm dan 3-5 °C pada jeluk 10 cm dibandingkan tanah terbuka (Lamont, 2001). ST-PT dapat meningkatkan suhu tanah pada jeluk tanah 5 dan 10 cm masing-masing 50,6 dan 47,9 °C dibandingkan tanpa solarisasi pada jeluk tanah 5 dan 10 cm dengan suhu tanahnya 37,0 dan 34,9 °C (Ricci *et al.*, 2006). Solarisasi meningkatkan suhu tanah 11, 8, 7 dan 5 °C dibandingkan tanpa solarisasi pada jeluk 5, 10, 20 dan 30 cm (Cimen *et al.*, 2010). ST-PT pada jeluk tanah 5 dan 15 cm menyebabkan suhu tanah 10,6 dan 6,6 °C lebih tinggi dibandingkan tanpa solarisasi (Moya dan Furukawa, 2000).

Suhu tanah pada jeluk 5, 10, 15 dan 20 cm pada jam 13.00 dengan ST-PT yaitu 41,10; 38,40; 34,60 dan 32,7 °C lebih tinggi dibandingkan tanpa ST-PT yaitu 31,42; 29,70; 28,40 dan 26,04 °C. Penggunaan plastik transparan dapat

meningkatkan suhu tanah pada berbagai jeluk tanah. Semakin ke jeluk tanah yang lebih dalam, maka suhu tanah cenderung menurun (Ratulangi, 2004).

Hasil penelitian Paiman (2014) menunjukkan bahwa ST-PT dengan menggunakan plastik merah, hitam, transparan dan tanpa ST-PT masing-masing dapat menghasilkan suhu tanah tertinggi 55,0; 47,7; 54,3 dan 43,3 °C pada kedalaman tanah 0-3 cm.

BAB 5

SASARAN SOLARISASI TANAH

Suhu tanah maksimum yang dihasilkan dari solarisasi tanah pada jeluk tanah bagian atas dapat dimanfaatkan beberapa sasaran, diantaranya yaitu:

1. Kematian Propagul Gulma

Propagul gulma dapat berupa biji (*seed*), rimpang (*rhizome*), stolon maupun umbi. Biji gulma lebih dapat bertahan lama di dalam tanah dibandingkan rimpang, stolon maupun umbi. Gulma yang berkembang biak dengan rimpang, stolon maupun umbi lebih mudah dikendalikan dibandingkan berbentuk biji.

Menurut (Anderson, 1977), satu individu gulma semusim yang berkembangbiak dengan biji pada umumnya mampu menghasilkan biji dalam jumlah banyak dan tersebar di sekitarnya, sebagian akan berkecambah dan sebagian akan mengalami dormansi pada periode tertentu.

Keberadaan biji gulma yang bertahan hidup di permukaan dan maupun di dalam tanah merupakan cadangan biji gulma (*seed bank*) yang potensial untuk kembali tumbuh. *Seed bank* gulma terdiri dari biji baru yang dihasilkan gulma yang tumbuh di atas tanah jatuh ke permukaan tanah atau biji gulma lama yang berada di dalam tanah dan bertahan bertahun-tahun. Keberadaan biji gulma di dalam tanah merupakan indikator populasi gulma di waktu lampau dan sekarang. Lahan-lahan pertanian yang digunakan secara intensif untuk budidaya tanaman pada umumnya mempunyai simpanan biji dalam tanah lebih besar dibandingkan dengan lahan-lahan yang baru dibuka (Marga dan Paiman, 2016).

Kemampuan propagul gulma untuk menunda perkecambahan sampai waktu dan tempat yang tepat adalah mekanisme pertahanan hidup yang penting bagi gulma. Dormansi propagul diturunkan secara genetik dan merupakan cara tumbuhan agar dapat bertahan hidup dan beradaptasi dengan lingkungan (Ilyas, 2012).

Propagul gulma mempunyai periode istirahat yang disebut dormansi. Dormansi yaitu propagul gulma tidak mau berkecambah, meskipun keadaan lingkungannya mendukung. Dormansi merupakan strategi reproduksi gulma untuk tetap bertahan hidup dalam keadaan yang tidak menguntungkan (Aldrich, 1984).

Biji gulma yang telah masak dan siap untuk berkecambah membutuhkan kondisi klimatik dan tempat tumbuh yang sesuai untuk dapat mematahkan dormansi dan memulai proses perkecambahannya. Secara umum menurut Aldrich (1984) dormansi dikelompokkan menjadi 3 tipe yaitu: 1). Dormansi bawaan atau *innate dormancy* (dormansi primer) yaitu dormansi yang disebabkan oleh keadaan atau kondisi di dalam organ-organ biji itu sendiri, bersifat genetik (embrio yang belum masak, kulit biji yang keras, hambatan kimiawi), 2). Dormansi rangsangan atau *induced dormancy* (dormansi sekunder) adalah dormansi yang disebabkan biji-biji yang biasa berkecambah jika keadaan menguntungkan dan menjadi dorman karena air, oksigen, cahaya, dan lainnya dan 3). Dormansi paksaan atau *enforced dormancy* adalah biji terpaksa tidak dapat berkecambah karena lingkungan tidak menguntungkan, dan segera berkecambah jika lingkungan menguntungkan. Faktor penyebabnya biasanya kekurangan air yang dibutuhkan untuk imbibisi pada proses inisiasi atau suhu yang tidak sesuai untuk perkecambahan.

Dormansi sekunder (*induced dormancy*) propagul gulma dapat dipatahkan dengan pengolahan tanah yang menyebabkan propagul gulma di dalam tanah muncul ke

permukaan tanah dan jika kelembaban sesuai akan mendorong propagul gulma untuk berkecambah. Dormansi skundair dapat diinduksi oleh suhu (*thermodormancy*), cahaya (*photodormancy*) dan kegelapan (*skotodormancy*) (Ilyas, 2012).

Perkecambahan propagul gulma ditandai oleh tahapan proses fisiologis yaitu imbibisi dan absorpsi air, hidrasi jaringan, absorpsi oksigen, pengaktifan enzim, tranport molekul yang terhidrolisis ke sumbu embrio, peningkatan respirasi, mobilisasi cadangan makanan dan penggunaan simpanan makanan, pembelahan dan pembesaran sel dan munculnya embrio (Gardner *et al.*, 1985). Proses terjadi perkecambahan tergantung kandungan oksigen di dalam tanah. Kandungan oksigen di dalam tanah bervariasi tergantung pada porositas tanah, jeluk dan banyaknya organisme yang mempengaruhinya. Pada umumnya, propagul gulma akan berkecambah pada lapisan atas tanah setebal 2,5 cm dari permukaan tanah (Aldrich, 1984).

Suhu tanah diperlukan propagul gulma untuk berkecambah dan bervariasi tergantung jenis gulma. Suhu tanah berpengaruh untuk aktivitas enzim dalam mengendalikan proses biokimia dalam sel yaitu proses katabolisme dan anabolisme. Suhu optimum akan memberikan persentase perkecambahan paling tinggi dalam periode waktu yang paling pendek (Gardner *et al.*, 1985).

Klasifikasi propagul gulma berdasarkan sensitifnya terhadap cahaya (fotoblastik) yaitu akan berkecambah hanya di bawah cahaya (fotoblastik positif), berkecambah di tempat yang gelap (fotoblastik negatif), cahaya menghambat perkecambahan, dan ketidakpekaan terang yaitu propagul berkecambah dalam keadaan terang sama baiknya dengan keadaan gelap (Takaki, 2001).

Tanah pertanian dapat berisi ribuan propagul gulma per m² (Menalled, 2008). Propagul gulma sebesar 64-99,6% ditemukan pada jeluk tanah 10 cm. Umur propagul gulma di dalam tanah sangat bervariasi antar jenis gulma. Propagul gulma mampu mempertahankan viabilitasnya dalam waktu panjang (Anderson, 1977).

Kepadatan *seed bank* gulma di dalam tanah terus bertambah dari tahun ke tahun. Sebaran *seed bank* gulma pada berbagai jeluk tanah terjadi akibat adanya pengolahan tanah pertanian yang intensif. *Seed bank* pada jeluk tanah lebih dalam akan mengalami dormansi dan yang berada dekat permukaan tanah akan berkecambah jika keadaan menguntungkan.

Suhu tinggi berpengaruh terhadap protein propagul. Protein merupakan suatu senyawa makro-molekul yang terdiri atas sejumlah asam amino yang dihubungkan dengan ikatan peptida. Protein sering mengalami perubahan sifat setelah mengalami perlakuan suhu, meskipun sangat sedikit dan belum menyebabkan terjadinya pemecahan ikatan peptida yang dinamakan denaturasi protein.

Denaturasi protein dapat terjadi dengan perlakuan panas. Laju denaturasi protein dapat mencapai 600 kali untuk tiap kenaikan 10 °C. Suhu terjadinya denaturasi sebagian besar protein terjadi berkisar antara 55-75 °C. Pada denaturasi terjadi pemutusan ikatan hidrogen, interaksi hidrofobik dan ikatan garam hingga molekul protein tidak punya lipatan lagi (Anonim, 2010).

Suhu tanah mempunyai pengaruh besar terhadap proses fisiologi dan biokimia. Suhu tanah tinggi dapat mengurangi masa dormansi beberapa propagul gulma atau menginduksinya menjadi dormansi sekunder. Waktu solarisasi yang lebih lama dapat membunuh propagul gulma (Moya dan Furukawa, 2000). Suhu tanah tinggi melewati suhu maksimum perkecambahan, maka dapat

mengakibatkan kerusakan enzim (Ratulangi, 2004). Enzim memiliki suhu optimum berkisar 18–23 °C atau maksimal 40 °C karena di atas suhu 45 °C enzim akan terdenaturasi.

Suhu tanah tinggi akan menaikkan aktivitas enzim, namun sebaliknya juga akan mendenaturasi enzim. Peningkatan suhu dapat meningkatkan kecepatan reaksi karena molekul atom mempunyai energi yang lebih besar dan mempunyai kecenderungan untuk berpindah. Suhu meningkat, maka proses denaturasi mulai berlangsung dan menghancurkan aktivitas molekul enzim. Adanya rantai protein yang tidak terlipat setelah pemutusan ikatan yang lemah menyebabkan kecepatan reaksi akan menurun.

Pengaruh suhu tanah terhadap gulma bervariasi tergantung lama waktu solarisasi, jeluk tanah dan jenis gulma. Enam jenis biji gulma *Sochus oleraceus*, *Echinochloa crus-galli*, *Solanum ptycanthum*, *Sochus oleraceus*, *Sisymbrium irio* dan *Amaranthus albus* mati dalam waktu 3 jam pada suhu tanah 60 °C. Waktu yang dibutuhkan untuk kematian biji gulma *Sochus oleraceus* (4 jam) lebih cepat terpengaruh dengan perlakuan suhu dibandingkan *Solanum ptycanthum*, *Sochus oleraceus* (56 jam) dan *Amaranthus albus* (113 jam) pada suhu 60 °C. Biji *Portulaca oleracea* tidak terpengaruh pada suhu 46 °C ke bawah, biji gulma *Amaranthus albus* dan *Echinochloa crus-galli* tidak terpengaruh pada suhu 42 °C ke bawah dan biji gulma *Solanum ptycanthum* tidak terpengaruh pada suhu 39 °C (Dahlquist *et al.*, 2007). Semakin lama waktu solarisasi, maka frekuensi suhu maksimum akan sering terjadi. Propagul gulma tahunan *Cynodon dactylon*, *Sorghum helepense* dan *Convolvulus arvensis* sensitif terhadap solarisasi. *Convolvulus arvensis* yang terkubur pada jeluk tanah 4-8 cm tidak berkecambah setelah 6 minggu solarisasi tanah (Isais, 2001).

ST-PT selama 8-10 minggu efektif untuk mengendalikan gulma teki (*Cyperus spp.*) dan gulma

tahunan lainnya (Isais, 2001). Solarisasi selama 32 hari dapat mengurangi jumlah gulma yang berkecambah hingga 79% dibandingkan tanpa solarisasi (Moya dan Furukawa, 2000). Solarisasi tanah selama 60 hari dapat mengurangi 86% pertumbuhan *Cyperus rotundus* pada budidaya wortel (Ricci *et al.*, 2006). Solarisasi tanah dapat mengendalikan gulma tahunan tidak sebaik gulma semusim, sebab gulma tahunan mempunyai organ vegetatif terpendam di dalam tanah sebagai akar dan *rhizome*, misalnya *Cynodon dactylon* (Elmore *et al.*, 1997).

Efisiensi ST-PT dipengaruhi oleh jeluk tanah. Suhu tanah lebih tinggi pada permukaan tanah dan lebih rendah pada jeluk tanah lebih dalam. Propagul gulma pada jeluk tanah atas (2,5 cm) lebih banyak mengalami kerusakan dibandingkan yang terkubur pada jeluk 7,5 dan 15 cm (El-Keblay dan Al Hammadi, 2007). Suhu tanah lebih rendah pada jeluk tanah lebih dalam menyebabkan propagul gulma tidak mengalami denaturasi.

Tingkat kematian propagul gulma antar jenis gulma berbeda-beda. Ada jenis gulma dengan suhu tidak terlalu tinggi sudah mati, tetapi ada jenis gulma dengan suhu tanah cukup tinggi baru akan mati. Beberapa biji jenis gulma terbunuh pada suhu 50 °C, namun jenis tertentu dapat bertahan hidup hingga suhu tanah 70 °C (Ozores-Hampton dan Stanssly, 2004). Pengendalian gulma teki pada jeluk tanah 3-4 cm dan *Commelina communis* pada jeluk 10-11 cm membutuhkan ST-PT dalam waktu 4 minggu (Isais, 2001). Lama ST-PT dan suhu kematian untuk propagul gulma bervariasi tergantung jenis gulma (Dahlquist *et al.*, 2007).

Jenis gulma yang dapat dan sulit dikendalikan dengan ST-PT dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3 sebagai berikut.

Tabel 2. Gulma yang Dapat Dikendalikan dengan Solarisasi Tanah.

No.	Nama Ilmiah	Nama Umum
1	<i>Abutilon theophrasti</i>	Velvetleaf
2	<i>Amaranthus albus</i>	Tumble pigweed
3	<i>Amaranthus retroflexus</i>	Redroot pigweed
4	<i>Amsinckia douglasiana</i>	Fiddleneck
5	<i>Avena fatua</i>	Wild oat
6	<i>Brossica nigra</i>	Black mustard
7	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Shepherd's purse
8	<i>Chenopodium album</i>	Lambsquarters
9	<i>Claytonia perfoliata</i>	Minerslettuce
10	<i>Convolvulus arvensis</i> (seed)	Field bindweed
11	<i>Conyza canadensis</i>	Horseweed
12	<i>Cynodon dactylon</i> (seed)	Bermudagrass
13	<i>Digitaria sanguinalis</i>	Large crabgrass
14	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Barnyardgrass
15	<i>Eleusine indica</i>	Goosegrass
16	<i>Lamium amplexicaule</i>	Henbit
17	<i>Malva palvillora</i>	Cheeseweed
18	<i>Orobanche ramosa</i>	Brandched broomrape
19	<i>Oxalis pes-caprae</i>	Bermuda buttercup
20	<i>Poa anoa</i>	Annual bluegrass
21	<i>Portulaca oleracea</i>	Purslane
22	<i>Senecio vulgaris</i>	Common groundsel
23	<i>Sida spinosa</i>	Rickly sida
24	<i>Solarium nigrum</i>	Lack nightshade
25	<i>Solarium sarrochoides</i>	Hairy nightshade
26	<i>Sochus oleraceus</i>	Sowthistle
27	<i>Sorghum halepense</i> (seed)	Johnsongrass
28	<i>Stelloria media</i>	Common chickweed
29	<i>Trianthema portulacastrum</i>	Horse purslane
30	<i>Xanthium strumarium</i>	Common cocklebur

Sumber: Elmore, *et al.* (1997)

Tabel 3 berikut menjelaskan jenis-jenis gulma yang mudah dikendalikan dengan perlakuan ST-PT.

Tabel 3. Gulma yang Sulit Dikendalikan dengan Solarisasi Tanah

	Nama Ilmiah	Nama Umum
1	<i>Convolvulus arvensis</i>	Field bindweed (plant)
2	<i>Cynodon dactylon</i> (plant)	Bermudagrass (plant)
3	<i>Cyperus esculentus</i>	Yellow nutsedge
4	<i>Cyperus rotundus</i>	Purple nutsedge
5	<i>Eragrostis sp</i>	Lovegrass
6	<i>Malva niceansis</i>	Bull mallow
7	<i>Melilotus alba</i>	White sweetdover
8	<i>Sorghum halepense</i> (plant)	Johnsongrass (plant)

Sumber: Elmore, *et al.* (1997)

ST-PT mempunyai banyak manfaat yaitu suhu tanah tinggi dapat membunuh propagul gulma, tetapi masih terdapat propagul gulma yang resisten dan tumbuh menjadi gulma dominan.

Gambar 7 berikut menunjukkan ST-PT dapat mematikan gulma *Cyperus rotundus* yang tumbuh di bawah permukaan lembaran plastik transparan.



Gambar 7. Gulma Teki (*Cyperus rotundus*) Mati Akibat Suhu Tanah Tinggi (Paiman, 2014).

Hasil penelitian Paiman (2014) pad tanah Inceptisol menunjukkan jenis-jenis gulma yang sulit dan mudah dikendalikan ST-PT dengan plastik transparan selama 30 hari pada berbagai kedalaman tanah pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Jenis Gulma yang Sulit dan Mudah dikendalikan dengan ST-PT dengan Plastik Transparan.

No	Jenis Gulma	Kedalaman Tanah (cm)			
		0-3	3-6	6-9	9-12
1	<i>A. philoxeroides</i>	M	M	H	H
2	<i>Cleome viscosa</i>	H	H	H	H
3	<i>Euphorbia hirta</i>	M	M	M	(-)
5	<i>Ludwigia peruviana</i>	H	H	H	H
6	<i>Marsilea crenata</i>	M	(-)	(-)	(-)
7	<i>Phyllanthus debilis</i>	H	H	H	H
8	<i>Phyllanthus urinaria</i>	H	H	H	H
9	<i>Physalis angulata</i>	H	H	H	H
10	<i>Portulaca oleracea</i>	H	H	H	H
11	<i>Cynodon dactylon</i>	M	M	H	H
13	<i>Digitaria ciliaris</i>	H	H	H	H
14	<i>E. colonum</i>	H	H	H	H
15	<i>Eleusine indica</i>	M	M	H	H
16	<i>Cyperus iria</i>	H	H	H	H
17	<i>Cyperus rotundus</i>	M	H	H	H
18	<i>Fimbristilis miliacea</i>	M	M	H	H

Keterangan: M = mati (mudah dikendalikan), H = hidup (sulit dikendalikan) dan (-) = tidak ditemukan pada kedalaman tanah tersebut.

B. Kematian Patogen Tanah

Rendahnya hasil pertanian dapat disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya karena gangguan penyakit biotik diantaranya: jamur (*Sclerotium rolfsii*), bakteri (*Pseudomonas solanacearum*), dan lainnya.

Penyakit layu sklerotium penyebabnya *Sclerotium rolfii* Sacc disebut juga *Corticium rolfii* (Sacc) Curzi dan *Pellicularia rofsii* (Sacc) West (Semangun 1991, Tjahjadi, 1991. *cit.* Ratulangi, 2004).

Jamur ini dapat menginfeksi tanaman nilam, kedelai, cabai, tomat dan jagung serta kacang hijau (Sukamto dan Wahyuno, 2013). Inokulum yang penting yaitu sklerotium karena sklerotium dapat bertahan hidup dalam tanah di lapang selama 6-7 tahun. Dalam cuaca kering sklerotia akan mengeriput, tetapi ini justru akan berkecambah dengan cepat jika kembali berada dalam lingkungan yang lembab (Hadi *et al.*, 1976; Semangun, 1991. *cit.* Ratulangi, 2004).

ST-PT dengan lembaran plastik polietilen selama 15 hari pada musim panas efektif mengurangi kerapatan populasi *Sclerotia rolfii* di dalam tanah dan nyata mengendalikan infeksi patogen pada tanaman kedelai dan bunga matahari (Yaqub and Shahzad, 2009).

Semakin lama periode ST-PT cenderung semakin lambat masa inkubasi yang akhirnya dapat mematikan patogen penyebab penyakit dan semakin rendah persentase serangan penyakit. Perlakuan ST-PT selama 8 minggu sangat efektif menekan jamur *Sclerotia rolfii* (Ratulangi, 2004).

Suhu dapat menghambat pertumbuhan dan mematikan jamur patogen *Sclerotium rolfii* Sacc. di dalam tanah. Suhu optimum patogen tanah berkisar 20-33 °C. Suhu tanah yang melewati suhu optimum patogen tanah akan menyebabkan kerusakan enzimnya. Pada suhu optimum menyebabkan pertumbuhan patogen optimum, semakin naik suhu semakin cepat proses metabolisme dan pada suhu tanah di atas suhu optimum menyebabkan proses metabolisme berjalan sangat cepat sehingga akan merusak proses enzimatik yang mengakibatkan patogen tanah menjadi lemah bahkan mati.

Bakteri ini menyebabkan penyakit layu bakteri (*Pseudomonas solanacearum*) pada tanaman cabai (*Capsicum annum* L.), tembakau (*Nicotiana tabacum* L.), kentang (*Solanum tuberosum* L.), kacang tanah (*Arachis hypogea* L.), dan dan suku Solanaceae pada umumnya (Siahaan, 2011). Bakteri ini bersifat aerob dan merupakan salah satu bakteri gram negatif. Bakteri ini dapat bertahan lama di dalam tanah, terutama jika terdapat banyak tumbuhan yang rentan. Populasi bakteri dalam tanah akan berkurang apabila tanah dikeringkan atau lama terendam oleh air (sawah) atau lama ditanami tanaman lain yang tidak rentan.

Bakteri *Agrobacterium spp* dan populasi gram positif dapat ditekan secara nyata dengan ST-PT selama 6-12 minggu (Stapleton dan DeVay, 1982).

Perlakuan ST-PT yang diberikan terbukti mampu meningkatkan suhu permukaan tanah hingga 8,8 °C dibandingkan tanpa ST-PT dan berdampak pada penurunan jumlah populasi jamur fassarium di permukaan tanah hingga mencapai 53,61%, sedangkan tanpa solarisasi penurunan populasi jamur *Fussarium* sebesar 22,33% (Shofiyani dan Budi, 2014).

Penyakit biotik yang berada dalam tanah dapat ditekan pertumbuhannya dengan ST-PT. ST-PT dapat menghasilkan suhu tanah yang tinggi hingga di atas 50 °C dan mengakibatkan patogen tanah akan mati. Selanjutnya saat tanaman budidaya ditanam di lahan pertanian, tanaman bebas dari serangan patogen tanah.

Hasil penelitian paiman (2014) bahwa ST-PT dengan plastik transparan pada bedengan untuk tanaman cabai mengakibatkan tidak ada satupun tanaman yang mati (0%) yang diamati dari tanam hingga panen. Terdapat kematian tanaman cabai sebesar 15,51% akibat layu bakteri yang ditanam pada bedengan dengan menggunakan mulsa plastik perak hitam

C. Kematikan Hama dalam Tanah

ST-PT dapat mematikan hama yang berada di dalam tanah akibat suhu tanah yang tinggi. Hama mempunyai kisaran suhu tubuh tertentu. Jika suhu tanah melebihi dari suhu maksimumnya, maka hama akan mati.

Uret (*Lepidiota stigma*) banyak dijumpai pada lahan pertanian jenis tanah ringan dan berpasir. Stadia yang paling merugikan adalah stadia larva instar ketiga yang paling rakus. Larva muda yang baru menetas akan makan bahan organik yang berada dalam tanah, selanjutnya dengan bertambahnya umur larva berpindah menuju daerah perakaran dan memakan akar-akar tanaman (Anonim, 2016).

Beberapa jenis nematoda di dalam tanah sebagai parasit akar tanaman yaitu nematoda bisul akar (Meloidogyne), kista akar (Heterodera) dan nematoda akar ektoparasi. Perkembangan nematoda di dalam tanah dibutuhkan suhu optimal untuk hidup antara 15-30 °C dan suhu maksimal 44 °C.

Ulat Grapyak berkepompong di dalam tanah, membentuk pupa tanpa rumah pupa (kokon). Siklus hidup antara 30-60 hari (lama stadium telur 2-4 hari, stadium larva berlangsung 20-46 hari, stadium pupa 8-11 hari). Seekor induk betina dapat meletakkan 2000-3000 telur (Marwoto dan Suharsono, 2008). Ulat grayak (*Spodoptera litura*) merupakan hama yang menyerang tanaman pada malam hari, sedangkan pada siang hari berada di dalam tanah.

Pengendalian hama pra-tanam dengan ST-PT dapat menyebabkan kematian uret, nematoda parasit, kokon ulat grayak yang berada di dalam tanah. Cara pengendalian ini sangat efektif karena saat tanaman budidaya ditanam di lahan pertanian, keadaan tanah sudah steril dari gangguan hama yang berasal dari tanah.

D. Peningkatan Kesuburan Tanah

Solarisasi akan mengawali perubahan sifat fisik dan kimia tanah ke depan melalui proses humifikasi dan mineralogi. Selanjutnya memperbaiki pertumbuhan dan perkembangan tanaman. ST-PT dapat mempercepat perombakan bahan organik tanah dan menghasilkan larutan nutrisi seperti nitrogen (NO_3 , NH_4^+), kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), potasium (K^+), dan asam fulvic menjadi lebih tersedia bagi tanaman (Elmore *et al.*, 1997).

ST-PT dapat meningkatkan larutan hara mineral termasuk NH_4^+ -N, NO_3^- -N, Phosphor, K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Mn^{+2} , Fe^{+3} , Cl dan Cu^{+2} . Pengaruh ST-PT terhadap sifat kimia dan fisika tanah yaitu meningkatkan kelarutan nutrisi mineral dan menguraikan bahan organik serta respon peningkatan pertumbuhan tanaman. Sifat kimia tanah menentukan status nutrisi tanaman yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan (Hasing, 2002).

Suhu tanah berpengaruh terhadap proses-proses di dalam tanah yaitu meningkatkan aktivitas mikroorganisme terhadap perombakan bahan organik tanah, reaksi-reaksi kimia tanah yaitu kelarutan hara di dalam tanah, proses-proses pedologis yaitu humifikasi dan mineralisasi serta perubahan lensa tanah.

ST-PT tidak akan membunuh seluruh bakteri di dalam tanah, karena bakteri termofilik dan hipertermofilik masing-masing tumbuh baik pada suhu optimum berkisar antara suhu 45-65 °C dan 90-100 °C. Menurut Sutanto (2002), kenaikan suhu dalam timbunan bahan organik menghasilkan suhu yang menguntungkan untuk aktifitas mikroorganisme bakteri termofilik pada suhu lebih besar dari 40 °C dan akan menurun aktivitasnya dan menimbulkan kematian akibat panas yang tinggi pada suhu lebih besar dari 70 °C.

E. Peningkatan Pertumbuhan Tanaman

Kandungan P, K, Mg, Fe, Mn dan Cu meningkat pada daun tomat dengan perlakuan ST-PT. Pengaruh ST-PT terhadap hasil tomat nyata yaitu tiga kali lebih tinggi dibandingkan tanpa solarisasi (Cimen *et al.*, 2010). ST-PT meningkatkan nilai biomassa mikrobia dan konsentrasi Ca, Mg dan P tanah (Rici *et al.*, 2006). Peningkatan ketersediaan unsur hara bagi tanaman dan populasi bakteri di daerah perakaran (*Baccillus spp.*) memberikan kontribusi terhadap meningkatnya pertumbuhan, perkembangan dan hasil tanaman. ST-PT dapat meningkatkan ketersediaan hara mineral dengan pemecahan bahan organik tanah ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, P, Ca dan Mg) yang dihasilkan dari kematian mikrobiota. Jumlah pelepasan P, K dan Ca, Mg lebih besar setelah ST-PT (Pokharel, 2010). Hasing (2002) bahwa peningkatan pertumbuhan, percepatan perkembangan, peningkatan aktifitas fotosintesis dan kadar protein serta penundaan penuaan jaringan tanaman terjadi dengan ST-PT. Pertumbuhan tanaman pada tanpa solarisasi lebih terlambat perkembangannya. Terjadi peningkatan konsentrasi N dan Cu serta terjadi penurunan Cl dan SO_4 di xylem tanaman tomat yang tumbuh dengan perlakuan ST-PT.

ST-PT berpengaruh terhadap proses fisiologis tanaman terhadap keterlibatan menjaga keseimbangan hormon. Hasing (2002) mengamati ada keterlibatan hormon Gibberellin terhadap pengaturan peningkatan pertumbuhan tanaman tomat akibat perlakuan ST-PT. Kecambah mempunyai bobot kering daun lebih tinggi. Pertumbuhan kecambah mempunyai konsentrasi GA_3 lebih tinggi dan bersifat linier dengan meningkatnya bobot kering daun.

KESIMPULAN

Berdasarkan studi referensi di atas dapat diambil kesimpulan, bahwa:

1. Solarisasi tanah pra-tanam (ST-PT) dapat dijadikan sebagai alternatif pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) yang ramah lingkungan.
2. Solarisasi tanah pra-tanam (ST-PT) dengan lembaran plastik transparan dapat menghasilkan suhu tanah tertinggi 54,3 °C pada kedalaman tanah 0-3 cm.
3. Suhu tanah yang tinggi akibat solarisasi tanah pra-tanam (ST-PT) dapat menekan propagul gulma, patogen tanah, hama dalam tanah, meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrich, R.J. 1984. *Weed-crop Ecology: Principles in Weed Management*. Departement of Agroculture University of Missouri-Columbia. 465 p.
- Alkayssi dan Alkaraghoul. 1987. Influence of Different Colour Plastic Mulches Used for Solarization on the Effectiveness of Soil Heating. *Solar Energy Research Center*, Baghdad. Iraq.
- Anderson, W.P. 1977. *Weed Science: Principles*. West Publishing Company. St. Paul. New York. Boston. Los Angeles. San Francisco. 598 p.
- Anonim. 2009. *Klimatologi*. Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanudin Makasar.
- Anonim. 2010. *Denaturasi Koagulasi Protein*. (<http://kuhasceexpress.blogspot.com/2010/12/denaturasi-protein.html>). Diakses, 4 Juni 2012.
- Anonim. 2012. *Spectrum Cahaya*. (<http://elektronika-dasar.com/teori-elektronika/spectrum-cahaya/>). Diakses, 23 Agustus 2012.
- Anonim. 2016. Pengendalian hama uret (*Lepidiota stigma*) pada tanaman tebu. Balai Besar Peramalan Organisme Pengganggu Tumbuhan Lampung.
- Cimen, I., V. Pirinc, I. Doran and B. Turgay., 2010. Effect of Soil Solarization and arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices*) on yield and blossom-end rot of tomato. *Int. J. Agric. Biol.*, 12: 551-555.

- Coelho, J.M.P., M.A. Abreu and F.C. Rodrigues. 2004. Methodologies for Determining Thermoplastic Films Optical Parameters at 10.6 μm Laser Wavelength. *Polymer Testing*, 23: 307-312. www.elsevier.com/locate/polytest.
- Dahlquist, R. M., T. S. Prather and J. J. Stapleton. 2007. Time and Temperature Requirements for Weed Seed Thermal Death. *Weed Science*, 55: 619-625.
- De Vries, D.A. 1963. Thermal properties of soils. pp. 210-233. In: W.R. Van Wijk (ed.) *Physics of Plant Environment*, North Holland, Amsterdam.
- Duff, J. 2003. *Soil Solarisation*. Formerly Plant Pathologist and R. Pitkethley, Principal Plant Pathologist, Darwin. (Akses, 4 Februari 2012).
- El-Keblawy, A. and F. Al Hammadi. 2007. Seed Source, Depth of Burial and Solarization Effect the Efficiency of Soil Solarization in Control of *Portulaca oleracea* Weed. *Global Journal of Environmental Research*, 1(2): 86-91.
- Elmore, C.L., J.J. Stapleton, C.E. Bell and J.E. Devay. 1997. *Soil Solarization, A Nonpesticidal Method for Controlling Diseases, Nematodes and Weeds*. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California.
- Fahrurrozi and K.A. Stewart. 1994. Effects of Mulch Optical Properties on Weed Growth and Development. *Hort. Science*, 29(6): 545
- Fahrurrozi. 2009. Fakta Ilmiah Dibalik Penggunaan Mulsa Plastik Hitam Perak dalam Produksi Tanaman Sayuran. *Orasi Ilmiah pada Dies Natalis & Wisuda Sarjana I, STIPER Rejang Lebong*. 29 Januari 2009.

- Gardner, F.P., R.B. Pearce and R.L. Mitchell. 1985. *Physiology of Crop Plants*. Iowa State University.
- Giancoli dan C. Douglas. 2001. *Fisika Jilid 2*. Edisi kelima, Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Ham, J.M., G.J. Kluitenberg and W.J. Lamont. 1993. Optical Properties of Plastic Mulches Effect the Field Temperature Regime. Departement of agronomy, Throckmorton Hall, Kansas State University, Manhattan, KS66506, USA. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 118(2): 188-193.
- Ham, J.M. and G.J. Kluitenberg. 1994. Modeling the Effect of Mulch Optical Properties and Mulch-soil Contact Resistance on Soil Heating under Platic Mulch Culture. Departement of agronomy, Throckmorton Hall, Kansas State University, Manhattan, KS 66506-3801, USA. *Agricultural and Forest Meteorology*, 71: 403-424.
- Hasing, J.E. 2002. Agroeconomic Effect of Soil Solarization on Fall-planted Lettuce. (Thesis). *Agricultural and Mechanical College, Louisiana State University*. 59 p.
- Ilyas, S. 2012. *Dormansi benih : Kasus pada Padi dan Kacang Tanah*. *Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor*. (http://www.deptan.go.id/ditjentan/bbppmbtph_cimanggis/admin/rb/dormansi_benih_Satriyas_Ilyas.pdf). Diakses, 13 Juni 2012.
- Isais, A. 2001. *Impact of Solarization within A Retractable-roof Greenhouse on Weed Cover and Cut Flower Production*. Enviromental Horticultural Departement Unit.

- Boehm, R. F. 1999. *Heat and mass transfer: Conduction heat transfer*. Ed. (Frank Kreth): Mechanical Engineering Handbook. CRC Press LLC.
- Lamont, W.J. 2001. *Vegletable Production Using Plasticulture*. Food and Fertilizer Technology Center. [Http://www.agnet.org/library/article/eb476.html](http://www.agnet.org/library/article/eb476.html).
- Lubis, K.S. 2007. Aplikasi Suhu dan Aliran Panas Tanah. *USU Repository*.
- Marga, H. dan Paiman. 2016. Seed Bank Gulma pada Berbagai Pola Tanam di Lahan Pasir Pantai. *Agro-UPY*. Vol. VI(2): 1-17.
- Marwoto dan Suharsono. 2008. Strategi dan komponen teknologi pengendalian ulat Grapyak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada tanaman kedelai. *Jurnal Litbang Pertanian*. Vol. 27(4): 131-136.
- Menalled, F. 2008. *Weed seedbank dynamics & integrated management of agricultural weeds*. Departement of Land Resources and Enviromental Sciences, Montana State University-Bozeman.
- Moya, M. and G. Furukawa. 2000. Use Solar Energy (Solarization) for Weed Control in Greenhouse Soil for Ornamental Crops. *New Zealand Plant Protection Society (Inc.)*, 53: 34-37.
- Ozores-Hampton, M. and P.A. Stanssly. 2004. Solarization effect of weed population in warm climates. Proc. XXVI IHC–Sustainability of Horticultural System Eds. L. Bertschinger and J. D. Anderson *Acta Hort*. 638 p.

- Paiman. 2014. Kajian solarisasi tanah untuk pengendalian gulma pra-tanam pada tanaman cabai. Disertasi Pascasarjana. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Pokharel, R. 2010. *Soil solarization, a potential solution to replant diseases*. Watern Colorado Research Center, Colorado State University.
- Ratulangi, M.M. 1992. Tanggapan empat varietas kedelai terhadap dua isolat *Sclerotium rolfsii*. Tesis (S2). Fakultas Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Ratulangi, M.M. 2004. Pengendalian penyakit layu sklerotium pada tanaman kedelai dengan solarisasi tanah. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian UNSRAT Manado. Eugenia. Vol. 10(1): 1-7.
- Ricci, M. D. S. F., F. F. De Oliveira, S. C. De Miranda, and J. R. Costa. 2006. Carrot Production and Effect on Soil Fertility and Nutrition as Function of Soil Solarization for *Purple nudsedge* Weed Control. *Bragantia, Campinas*, 65(4): 607-614.
- Samadi, B. 1996. Pembudidayaan Tomat Hibrida. CV. Aneka. Solo.
- Semangun, H. 1991. Penyakit-penyakit tanaman pangan di Indonesia. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Shofiyani, A. dan G.P. Budi. 2014. Efektifitas solarisasi tanah terhadap penekanan perkembangan jamur fusarium pada lahan tanaman pisang yang terinfeksi. Prosiding Seminar Nasional Hasil- hasil Penelitian dan Pengabdian LPPM UMP. Hal.: 192-197.

- Siahaan, L. 2011. Pertumbuhan bakteri *Pseudomonas solanacearum* E.F. Smith pada pemberian ekstrak urang aring. *Eugenia*. Vol. 17(3): 202-208.
- Sinclair, T.R., C.A. Chase, D.O., Chellemi, and F. Fornari. 2001. *Noxious Weed Control by Solarization*. University Florida, United State of America.
- Soemarno. 2011. *Temperatur tanah: karakteristik dan kualitas lahan*. <http://marno.lecture.ub.ac.id/.../TEMPERATUR-TANAH-KARAKTERISTIK-DAN-KUALI...> Diakses, 29 Juni 2016.
- Stapleton, J.J. and J.E. DeVay. 1982. Effect of Soil Solarization on Populations of Selected Soilborne Microorganism and Growth of Deciduous Fruit Tree Seedlings. University of California. *Departement of Plant Phytopathology*, 72: 323-326.
- Sudartoyo. 2004. Pengaruh Naungan terhadap Perubahan Iklim Mikro pada Budidaya Tanaman Tembakau Rakyat. *J. Tek. Ling. P3TL-BPPT*, 5(1): 56-60.
- Sukamto dan D. Wahyuno. 2013. Identifikasi dan karakterisasi *Sclerotium rolfsii* Sacc. Penyebab penyakit busuk batang nilam (*Pogostemon cablin* Benth). *Bul. Littro*. Vol. 24(1): 35-41.
- Sutanto, R. 2002. *Pertanian Organik Menuju Pertanian Alternatif dan Berkelanjutan*. Penerbit Kanisius. 218 hal.
- Takaki, M. 2001. *New Proposal of Classification of Seed Based on Forms of Phytochrome Instead of Photoblastism*. Departamento de Botanica-UNESP.
- Tjahjadi, N. 1991. Hama dan penyakit tanaman. Penerbit kanisius. Yogyakarta.

- Triyati, E. 1985. Spektrofotometer Ultra-violet dan Sinar Tampak serta Aplikasinya dalam Oseanologi. Pusat Penelitian Ekologi Laut, Lembaga Oseanologi Nasional-LIPI, Jakarta, *Oseana*, 10(1): 39-47.
- Yaqub, F. and S. Shahzad. 2009. Effect of Solar Heating by Polyethylene Mulching on *Sclerotial* Viability and Pathogenity of *Sclerotium rolfsii* on Mungbean and Sunflower. *Pak. J. Bot.*, 41(6): 3199-3205.

UCAPAN TERIMAKASIH

Tersusunnya buku monograf ini, banyak pihak yang telah membantu dan memberikan masukan sehingga penulis menyampaikan penghargaan sebesar-besarnya dan mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Prpto Yudono, M. Sc., sebagai editor yang telah banyak memberikan segala arahan, bimbingan dan nasehat-nasehatnya dalam penyusunan buku monograf ini.
2. Bapak Drs. Muh. Kusberyunadi, M.MA sebagai penyunting dan Maulana Iman Saputra sebagai desain sampul dan tata letak.
3. Seluruh civitas akademika Fakultas Pertanian Universitas PGRI Yogyakarta.
4. Istri tercinta Uki dan anaku tersayang Maulana Iman Saputra, Estetika Iman Saputri dan Fakhri Iman Saputra, yang selalu memberikan inspirasi dalam penulisan buku ini.
5. Pihak lain yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu.

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Paiman, M.P. adalah dosen tetap Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas PGRI Yogyakarta (UPY). Pendidikan Sarjana (S1) Jurusan Budidaya Pertanian diselesaikan di Institut Pertanian “STIPER” Yogyakarta pada tahun 1991.

Pendidikan Magister (S2) Program Studi Agronomi diselesaikan di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada tahun 1994.

Pendidikan Program Doktor (S3) Program Studi Ilmu-ilmu Pertanian minat ilmu gulma diselesaikannya di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada tahun 2014.

Pernah menjabat sebagai Kaprodi Agronomi Fakultas Pertanian UPY pada tahun 1997–2001 dan sebagai Wakil Dekan Fakultas Pertanian UPY pada tahun 2001-2005. Pernah menjabat sebagai Dekan Fakultas Pertanian UPY pada tahun 2005-2009. Pada tahun 2013-2018 menjabat sebagai Sekretaris Yayasan Pembina Universitas PGRI Yogyakarta (YP-UPY).

Mata kuliah yang diampu saat ini:

1. Statistika
2. Perancangan Percobaan
3. Metodologi Penelitian
4. Budidaya Tanaman Tahunan
5. Ilmu Gulma
6. Kewirausahaan