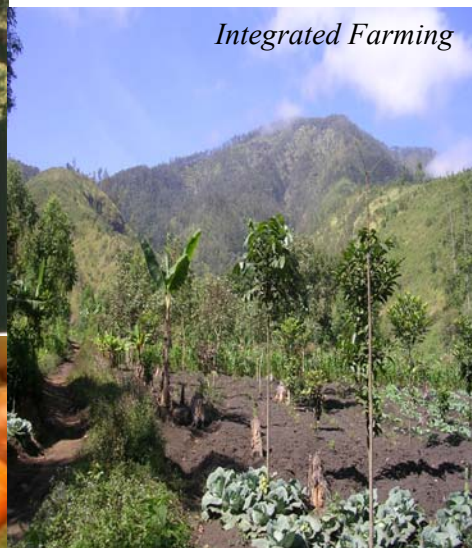


e-book

Pertanian Organik

Suatu Kajian Sistem Pertanian Terpadu dan Berkelanjutan



Oleh :
Nurhidayati
Istirochah Pujiwati
Anis Solichah
Djuhari
Abd. Basit

PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2008

KATA PENGANTAR

Buku tentang pertanian organik cukup banyak yang beredar, baik dalam bentuk tinjauan praktis, maupun kumpulan hasil penelitian maupun yang ditulis berdasarkan pengalaman penulis sendiri. Namun, yang memasukkan berbagai tinjauan sistem pertanian terpadu secara berkelanjutan masih terbatas. Melihat kondisi tersebut tim penulis tertarik menulis buku tentang pertanian organik sebagai buku ajar yang cukup lengkap untuk sistem pertanian organik dalam mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan, serta dalam rangka membantu memberikan referensi tambahan bagi mahasiswa Fakultas Pertanian ataupun para pengusaha di bidang pertanian yang ingin mengembangkan sistem pertanian organik.

Mata Kuliah Pertanian Organik dalam Kurikulum Pendidikan Tinggi untuk fakultas pertanian masih merupakan salah satu Mata Kuliah Muatan Lokal yang dapat dikategorikan sebagai Mata Kuliah Keahlian Berkarya. Walaupun demikian, pengetahuan pertanian organik sangat penting untuk diketahui oleh para mahasiswa fakultas pertanian sebagai salah satu program pemerintah untuk mewujudkan pertanian berkelanjutan dengan dicanangkannya *Go Organic 2010*. Oleh karena itu, tim penulis menganggap bahwa buku pertanian organik masih sangat diperlukan.

Meskipun pengetahuan tentang pertanian organik relatif muda, namun perkembangannya sudah cukup jauh sejalan dengan perkembangan penelitian di bidang pertanian organik. Dengan demikian kita perlu mengikuti perkembangan tersebut. Pada hakekatnya ilmu pertanian organik tidak terbatas mempelajari hal-hal yang berhubungan dengan penerapan pupuk organik di lapangan, tetapi lebih jauh lagi kegiatannya dapat dimanfaatkan untuk mempertahankan keberlanjutan suatu sistem pertanian.

Pentingnya pertanian organik untuk ketahanan dan kesehatan pangan tidak dapat dipungkiri lagi. Sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk, berbagai tindakan yang dilakukan manusia terhadap ekosistem di muka bumi ini untuk menghasilkan pangan dan serat akan menempatkan kebutuhan yang lebih besar terhadap tanah untuk menyuplai hara esensial bagi tanaman. Oleh karena itu, perlu memahami secara benar sifat-sifat tanah yang baik dan tanah hidup untuk menilai keberlanjutan suatu sistem pertanian melalui berbagai tindakan budidaya secara terpadu mulai dari pola tanam,

teknologi pupuk organik dan pengendalian hama terpadu serta teknologi biopestisida. Selanjutnya juga dijelaskan standarisasi dan sertifikasi sarana dan produk organik.

Dalam buku ini penulis mencoba menguraikan dengan kata-kata yang sederhana dan mudah dipahami. Untuk memudahkan dalam mengikuti alur pembahasan setiap bab, tim penulis mencoba menghubungkan pembahasan antar bab dan sub bab yang terkait dan menyusun tujuan pembelajaran dalam buku ini adalah (1) menjelaskan prinsip sistem pertanian organik dan sistem pertanian terpadu untuk pertanian berkelanjutan ; (2) menerapkan sistem pengelolaan tanah yang berkelanjutan ; dan (3) menerapkan sistem pertanian terpadu dalam pertanian organik ditinjau dari aspek agronomi, tanah, pengendalian hama dan penyakit tanaman. Sedangkan tujuan spesifik diuraikan dalam beberapa poin penting yaitu (1) menjelaskan bagaimana pengelolaan tanah berkelanjutan ; (2) menjelaskan pengaturan pola tanam dan persyaratan tanaman organik; (3) menjelaskan tentang pupuk organik dan teknologi pengomposan ; (4) menerapkan sistem pengendalian hama terpadu dan teknologi biopestisida; (5) menilai produk dan sarana organik berdasarkan standarisasi dan sertifikasi organik yang telah ditetapkan.

Tim penulis menyadari dalam penulisan buku ini masih dijumpai banyak kekurangan. Oleh karena itu, tim penulis menerima dengan lapang dada segala kritik dan saran serta tanggapan dari pembaca demi kesempurnaan buku ini. Akhir kata, semoga buku ini bermanfaat bagi para mahasiswa, pengusaha pertanian, dan pemerhati di bidang pertanian.

Malang, Nopember 2008

Tim Penulis

UCAPAN TERIMAKASIH

Pertama-tama penulis memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga tim penulis dapat menyusun buku Pertanian Organik sesuai dengan yang direncanakan. Pada kesempatan ini tim penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi melalui Program Inherent K-1 yang memberikan dana untuk kegiatan penyusunan *e-book* Pertanian Organik sehingga kreativitas dosen dalam proses pembelajaran menjadi meningkat. Tak lupa penulis menyampaikan banyak terimakasih kepada Bapak Prof.Dr.Ir.Syekhfani,MS selaku tenaga ahli dan pembimbing dalam penyusunan *e-book* Pertanian Organik, atas segala saran dan masukannya selama proses penyusunan. Penulis juga mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada tim pengelola Program Inherent K-1 Fakultas Pertanian Unisma atas segala fasilitas dan kesempatan yang diberikan selama penyusunan *e-book* Pertanian Organik ini. Selanjutnya tim penulis juga memberikan apresiasi yang luar biasa kepada mahasiswa yang akan memanfaatkan *e-book* pertanian organik ini sebagai referensi dalam mata kuliah pertanian organik serta kepada para pembaca yang telah memberikan saran dan masukan demi kesempurnaan buku ajar pertanian organik.

*We thankful for All of God's mercy and
To all the people who have shared their inspirations, camaraderie,
and deep love of the Earth
May be... the book is worthwhile to all people*

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR.....	i
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
BAB I PENDAHULUAN	
Definisi Pertanian Organik	1
Peluang Pertanian Organik di Indonesia.....	3
Kendala dan Solusi.....	4
Masa Transisi Pertanian Organik Modern.....	7
Prinsip-Prinsip Pertanian Organik.....	9
Pertanian Berkelanjutan	11
BAB II PENGELOLAAN TANAH SECARA BERKELANJUTAN DALAM SISTEM PERTANIAN ORGANIK	
Prinsip dan Karakteristik Tanah Berkelanjutan.....	15
Tanah Hidup.....	16
Tekstur dan Struktur.....	16
Pentingnya Organisme Tanah	17
Cacing Tanah.....	18
Arthropoda.....	20
Bakteri	21
Fungi	21
Aktinomiset.....	22
Ganggang.....	22
Protozoa.....	22
Nematoda.....	23
Organisme Tanah dan Kualitas Tanah.....	23
Bahan organik, Humus, dan Jejaring Makanan dalam Tanah.....	24
Tahapan Membangun Tanah Subur	26
Penggunaan Pupuk Kotoran Hewan.....	26
Penggunaan Kompos.....	27
Penanaman <i>Cover crop</i> dan Pupuk Hijau.....	28
Aplikasi Humat.....	28
Pengolahan Tanah Konservasi.....	29
BAB III SISTEM PERTANIAN TERPADU (<i>INTEGRATED FARMING SISTEM</i>) 31	
Sistem Terpadu	32
Pengintegrasian (Keterpaduan).....	33
Pengolahan dan Oksidasi	34
Peran dan Efek Berbagai Komponen Sistem Pertanian Terpadu.....	36
Peternakan.....	36

Alat Pengompos.....	36
Oksidasi	37
Tambak (Kolam Ikan)	38
Lahan Tanaman.....	39
Prosesing	40
Residu/Sampah.....	41
Kesimpulan.....	42
Persyaratan Tanaman Organik.....	43
 BAB IV PENGATURAN POLA TANAM.....	44
Budidaya Lorong (<i>Alley Cropping/Hedgerow Intercropping</i>).....	44
Pemilihan Tanaman Pagar.....	45
Tanaman Utama.....	47
Pertanian Sejajar Kontur (<i>Countur Farming</i>).....	48
Pembuatan Kerangka A.....	49
Teknik Pembuatan Kontur dengan Kerangka A.....	51
Wanatani/Hutan Tani/ <i>Agroforestry</i>	53
Sistem Pertanaman Campuran dan Rotasi (Pergiliran) Tanaman	56
Sistem Pertanaman Surjan.....	57
Cara Membuat Surjan	57
Kelebihan Sistem Surjan.....	58
Kelemahan Sistem Surjan	58
Intensifikasi Pekarangan	59
Pembuatan Petak Pertanaman	60
Pemberian Pupuk Organik dan Bahan Pembenam Tanah Lain.....	60
Penanaman Secara Intensif	60
Pengendalian Hama dan Penyakit.....	60
Konservasi Sumber Daya Genetik.....	61
Penggunaan Bahan-Bahan yang Tersedia Lokal.....	61
Penggunaan Tenaga intensif daripada Modal Intensif	61
Langkah-langkah Intensifikasi Pekarangan	61
 BAB V PUPUK ORGANIK.....	64
Masalah Dan Solusi Penggunaan Pupuk Kotoran Ternak Dalam	
Bentuk Segar (Mentah) Sebagai Persyaratan Penggunaannya.....	64
Kontaminasi.....	64
Kualitas Produk.....	66
Ketidak-seimbangan Kesuburan Tanah.....	66
Masalah Gulma.....	68
Polusi	68
Pupuk Kotoran Ternak yang Dikomposkan.....	69
Guano.....	70
Tanaman Penutup Tanah dan Pupuk Hijau.....	71
Manfaat <i>cover crop</i> dan Pupuk Hijau	72
Bahan Organik dan Struktur Tanah.....	72
Produksi Nitrogen.....	73
Aktivitas Mikrobial Tanah.....	73
Penambahan Hara	74
Aktivitas Perakaran.....	74
Penekanan Gulma.....	74

Konservasi Tanah dan Air.....	75
Biofertilizer	76
Aplikasi Pupuk Segar dan Kompos di Lapangan	81
BAB VI TEKNOLOGI PENGOMPOSAN.....	83
Proses Dekomposisi dalam Tanah.....	83
Senyawa Organik di dalam Residu Tanaman.....	83
Laju Dekomposisi	84
Dekomposisi Senyawa Organik pada Tanah Aerobik.....	85
Pemecahan Protein.....	85
Pemecahan Lignin.....	85
Dekomposisi Pada Tanah Anaerobik.....	85
Faktor-faktor yang Mengendalikan Laju Dekomposisi dan Mineralisasi.	86
Sebelum Pengomposan.....	89
Menentukan C/N ratio.....	89
Seleksi Bahan Timbunan.....	89
Penggilingan.....	90
Penimbangan dan Pencampuran.....	91
Pengontrolan Proses Pengomposan.....	92
Metode Pengomposan.....	95
Metode Kotak/Bak (<i>Bin Composting</i>)	95
Metode Bedengan Terbuka (<i>Passive Windrow Composting</i>)	96
Metode Bedengan Terbuka Dibalik (<i>Turned Windrow Composting</i>).....	98
Metode Pelapisan Terbuka (<i>Aerated State Pile Composting</i>).....	100
Metode Pipa Saluran (<i>in-vessel channels</i>)	102
Penyimpanan Kompos.....	104
BAB VII. SISTEM PENGENDALIAN HAMA TERPADU.....	105
Mengapa Harus PHT ?.....	106
Apa Itu PHT ?.....	108
Landasan Utama PHT.....	109
Unsur-Unsur Dasar PHT.....	111
Komponen Utama PHT	114
Usaha Penerapan Konsep PHT di Tingkat Petani	116
BAB VIII. TEKNOLOGI BIOPESTISIDA	118
Dampak Negatif Penggunaan Pestisida Sintetik	118
Biopestisida sebagai Alternatif Pestisida Masa Depan	119
Biopestisida	119
Pestisida Nabati.....	120
Pestisida Nabati Dari Tanaman Biofarmaka	121
Jenis OPT dan Jenis Tanaman Biofarmaka.....	122
Pestisida Hayati.....	123
Keunggulan dan Kekurangan Biopestisida.....	123
Fungsi Biopestisida	124
Teknologi Pembuatan Biopestisida.....	124
Bahan Baku Lokal.....	125
<i>Sl-NPV</i> Biopestisida Berbahan Virus	125
Ciri Khas <i>SINPV</i>	125

Patogenisitas	126
Aplikasi <i>Sl</i> -NPV (<i>Spodoptera litura</i> NPV) dan <i>Ha</i> -NPV (<i>Heliotis armigera</i> NPV)	127
Pemanfaatan Kombinasi <i>S</i> /NPV dengan <i>Ha</i> NPV sebagai Biopestisida.....	128
Aplikasi Biopestisida untuk Penyakit Layu pada Tanaman Pisang.....	129
Nematoda Patogen Serangga Sebagai Biopestisida	130
Cara Isolasi.....	131
Cara Perbanyakan.....	131
Formulasi.....	132
Aplikasi.....	133
Keefektifan.....	133
Biofungisida.....	134
Deskripsi Tanaman Sebagai Bahan Biopestisida.....	136
Biopestisida Dan Cara Pembuatannya	148
 BAB IX STANDARISASI DAN SERTIFIKASI SARANA DAN PRODUK ORGANIK.....	149
Pendahuluan.....	149
Pentingnya Standarisasi dan Sertifikasi Produk-Produk Organik	150
Standarisasi Produk Organik.....	153
Sertifikasi Produk Organik.....	164
Negara-Negara Uni Eropa.....	164
Amerika Serikat.....	165
Bagaimana Indonesia ?.....	169
Standar Pertanian Organik LeSOS.....	172
Sertifikasi Organik.....	174
Bagaimana Mengenali Produk Organik Di Pasaran ?.....	175
Bagaimana Menentukan Keorganikan Produk Organik?.....	175
Pengujian Keorganikan Produk Organik Laboratorium.....	176
Bagaimana Memperoleh Sertifikasi Organik Biocert ?.....	176
Berapa Lama Proses Sertifikasi Organik Biocert?	177
Berapa Biaya Untuk Mendapatkan Sertifikasi Organik Biocert?.....	177
Apakah Sertifikat Yang Dikeluarkan Biocert Dapat Ditarik Kembali?	178
Apakah Sertifikat Yang Dikeluarkan Biocert Diakui Secara Nasional ?	178
Contoh Sertifikasi Organik Madu Hutan Pertama Di Indonesia yang Dikeluarkan oleh Biocert.....	179
 DAFTAR PUSTAKA.....	182

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
1.	Komoditas yang Layak Dikembangkan dengan Sistem Pertanian Organik	8
2.	Kelas Tekstur Tanah Mulai dari Kasar sampai Halus	17
3.	Analisis Hara Casting pada tanah dengan kandungan bahan organik 4 % Dibandingkan dengan Tanah di Sekitarnya.....	19
4.	Pengaruh Pengelolaan Tanaman Terhadap Populasi Cacing Tanah.....	20
5.	Berat Organisme Tanah dalam Top Soil Tanah Subur (Kedalaman 20 cm)	24
6.	Jenis Tanaman Pohon yang Tumbuh Cepat dan Bersifat Multiguna	54
7.	Jenis Tanaman Pohon Berumur Sedang.....	55
8.	Jenis Tanaman Pohon yang Berumur Panjang	55
9.	Perkiraan Kandungan NPK dari Berbagai Pupuk Kotoran Hewan.....	67
10.	Hasil Analisis Kandungan NPK Berbagai Jenis Guano.....	70
11.	Hormon atau zat yang mempengaruhi hormon yang dihasilkan oleh PGPR untuk merangsang pertumbuhan tanaman inang.....	81
12.	Standarisasi Karakteristik Kompos.....	94
13.	Kandungan unsur mikro dalam kompos.....	94
14.	Berbagai Produk Pertanian Organik Segar dan Negara Pengekspor Di Luar Eropa dan Amerika Serikat	159
15.	Bahan-bahan yang Memenuhi Syarat sebagai Pupuk dan <i>Soil Conditioners</i> dalam Pertanian Organik menurut EEC No. 2092/91 (EEC Council Regulation, 1999).....	160
16.	Jenis Produk Organik Kering dan Telah Diproses Yang Dipasarkan di Eropa dan Amerika Serikat Tahun 1996).....	160
17.	Bahan-bahan yang Memenuhi Syarat sebagai Bahan Pelindung Tanaman dalam Pertanian Organik Menurut EEC NO. 2092/91	162
18.	Beberapa Bahan Yang Diijinkan Untuk Penyubur Tanah (SNI, 2002)....	163

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
1.	Kotoran Ternak pada Areal Peternakan	35
2.	Alat Pengompos (<i>Decomposter</i>)	37
3.	Pengaliran Gas Oksigen melalui Pipa	38
4.	Kolam Ikan.....	38
5.	Sistem Pertanian Terpadu	39
6.	Lahan Tanaman dan Perikanan.....	42
7.	Model Praktek Budidaya Lorong	45
8.	Parit di antara Tanaman Pagar dan Tanaman Budi Daya untuk Menghindari Gangguan pada Akar.....	48
9.	Alat dan Bahan Kerangka A dalam Pertanian Sejajar Kontur	49
10.	Cara Pembuatan Kerangka A dalam Pertanian Sejajar Kontur.....	50
11.	Cara Menentukan Titik Berat/Keseimbangan Kerangka A	51
12.	Teknik Pembuatan Kontur dengan Kerangka A.....	51
13.	Cara Menentukan Jarak Barisan Kontur.....	52
14.	Contoh Lahan Untuk Pengembangan Sistem Surjan.....	59
15.	Langkah-Langkah Intensifikasi Pekarangan	62
16.	Sketsa Intensifikasi Pekarangan.....	63
17.	Aplikasi Pupuk Hijau di Lapangan.....	71
18.	Penanaman <i>Cover Crop</i>	72
19.	Penanaman <i>Cover Crop</i> untuk Mengurangi Pencucian	75
20.	Hasil Scanning Mikroskop Elektron Akar Canola Setelah 96 Jam Inokulasi PGPR Dibandingkan Dengan Kontrol	80
21.	Metode Pengomposan dalam Kotak Kayu Bersekat.....	96
22.	Metode Pengomposan Dengan Bedengan Terbuka (<i>Windrow</i>) Dengan Timbunan Berbentuk Segitiga.....	97
23.	Mesin Traktor Pencampur Bahan Kompos.....	99
24.	Metode Tumpukan Diberi Aerasi/Blower Terkontrol.....	102
25.	Pengomposan Sistem 4 Channel.....	103
26.	Grafik skematis kedudukan Aras Luka Ekonomi dan Ambang Ekonomi.	113
27.	Contoh Kegiatan Sekolah Lapang PHT	117
28.	Sistem Pengendalian Hama Terpadu di Lahan Sawah.....	117

29.	Ulat grayak yang Terinfeksi NPV.....	127
30.	Proses Produksi Bioinsektisida <i>SINPV</i>	128
31.	Nematode Patogen Serangga.....	131
32.	Menangkap NPS dengan Ulat Hongkong.....	132
33.	Formulasi NPS dengan Alginat.....	134
34.	Formulasi NPS dengan Tanah Liat.....	134
35.	Atas : Ulat <i>Ettiella</i> Sehat ; Bawah : Ulat Terinfeksi NPS.....	134
36.	Ulat Grayak Terinfeksi NPS	135
37.	Produk Organik yang sudah Berlabel.....	151
38.	Contoh Produk Hortikultura Organik.....	174
39.	Contoh beras organik berdasarkan SNI	174
40.	Jambu Biji Merah organik Tampilan Agak Kecil	175
41.	Produk – Produk Pupuk dan Pestisida Organik.....	178
42.	Pupuk Cair Organik	179
43..	Sertifikat Organik Madu Hutan yang Dikeluarkan Biocert	181

BAB I

PENDAHULUAN

Cikal bakal pertanian organik sudah lama diketahui, sejak ilmu bercocok tanam dikenal manusia. Saat itu, semua dilakukan secara tradisional dan menggunakan bahan-bahan alamiah. Sejalan dengan perkembangan ilmu pertanian dan ledakan populasi manusia maka kebutuhan pangan juga meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan pangan tersebut dilakukan berbagai program intensifikasi di bidang pertanian. Salah satunya adalah rekayasa teknologi bibit unggul sehingga dikenal dengan nama ‘revolusi hijau’ (*Green Revolution*). Penanaman bibit unggul selalu disertai dengan teknik bercocok tanam dengan teknologi masukan tinggi (*high input technology*). Pada awalnya revolusi hijau di Indonesia memberikan hasil yang signifikan terhadap pemenuhan kebutuhan pangan; dimana penggunaan pupuk kimia buatan pabrik, penanaman varietas unggul berproduksi tinggi (*high yield variety*), penggunaan pestisida, intensifikasi lahan dan lain-lain mengalami peningkatan. Namun belakangan ditemukan berbagai permasalahan akibat kesalahan manajemen di lahan pertanian. Pencemaran pupuk kimia buatan pabrik, pestisida dan bahan buatan pabrik lainnya akibat kelebihan pemakaian, berdampak terhadap penurunan kualitas lingkungan dan kesehatan manusia. Pemahaman akan bahaya bahan kimia buatan pabrik dalam jangka waktu lama mulai disadari sehingga perlu dicari alternatif bercocok tanam yang dapat menghasilkan produk yang bebas dari cemaran bahan kimia buatan pabrik serta menjaga lingkungan yang lebih sehat. Sejak itulah mulai dilirik kembali cara pertanian alamiah (*back to nature*). Namun pertanian organik modern sangat berbeda dengan pertanian alamiah di jaman dulu. Dalam pertanian organik modern dibutuhkan teknologi bercocok tanam, penyediaan pupuk organik, pengendalian hama dan penyakit menggunakan agen hayati atau mikroba serta manajemen yang baik untuk kesuksesannya.

Definisi Pertanian Organik

Pertanian organik didefinisikan sebagai: ***”sistem produksi pertanian yang holistik dan terpadu, dengan cara mengoptimalkan kesehatan dan produktivitas agro-ekosistem secara alami, sehingga menghasilkan pangan dan serat yang cukup, berkualitas, dan berkelanjutan”*** (Anonymous, 2000). Lebih lanjut IFOAM

(*International Federation of Organic Agriculture Movements*) menjelaskan pertanian organik adalah sistem pertanian holistik yang mendukung dan mempercepat biodiversitas, siklus biologi dan aktivitas biologi tanah. Sertifikasi produk organik yang dihasilkan, penyimpanan, pengolahan, pasca panen, dan pemasaran harus sesuai standar yang ditetapkan oleh badan standarisasi. Dalam hal ini penggunaan GMO (*Genetically Modified Organisme*) tidak diperkenankan dalam setiap tahapan pertanian organik mulai produksi hingga pasca panen (Anonymous, 2005).

Menurut *Canadian Standards Board National Standar for Organic Agriculture*, Pertanian organik adalah: **”suatu sistem produksi holistik yang dirancang untuk mengoptimalkan produktivitas dan kemampuan dari bermacam-macam komunitas di dalam agroekosistem, termasuk organisme tanah, tanaman, ternak, dan manusia”**. Tujuan utama pertanian organik adalah untuk mengembangkan usaha produktif yang *sustainable* (berkelanjutan) dan selaras dengan lingkungan.

Praktek pengelolaan yang intensif diseleksi secara hati-hati dengan maksud untuk memulihkan dan kemudian mempertahankan stabilitas ekologi di dalam usaha dan berwawasan lingkungan. Kesuburan tanah dipertahankan dan ditingkatkan oleh suatu sistem yang mendukung aktivitas biologi di dalam tanah, dan konservasi sumberdaya tanah. Pengelolaan gulma, hama, dan penyakit dicapai dengan suatu integrasi biologi, budidaya, dan metode pengendalian mekanis dengan sistem budidaya dan pengolahan tanah minimum, seleksi dan rotasi tanaman, daur ulang sisa tanaman dan hewan, pengelolaan air, dan pemanfaatan serangga untuk mendorong hubungan mangsa dan predator yang seimbang serta memberikan dukungan terciptanya biodiversitas.

Sejauh ini pertanian organik disambut oleh kalangan masyarakat, meskipun dengan pemahaman yang berbeda. Berdasarkan survei di lahan petani Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur yang dilakukan Balai Penelitian Tanah, perbedaan paham tentang pertanian organik di beberapa petani tergantung pengarahan yang disampaikan. Petani Jawa Barat tampaknya lebih maju karena mereka umumnya petani sudah mapan, dan komoditi dikembangkan adalah sayur-sayuran serta buah-buahan (contoh: salak Pondoh). Di Jawa Tengah, selain buah-buahan seperti Salak juga mulai dikembangkan padi organik. Dalam hal ini, Pemerintah Daerah Jawa

Tengah mendukung sepenuhnya petani yang membudidayakan padi secara organik, antara lain dengan cara membeli produksi petani sampai produksinya stabil dan petani bisa mandiri. Contoh di kabupaten Sragen, dicanangkan gerakan '*Sragen Organik*'. Di Jawa Timur, umumnya berkembang kebun buah-buahan organik seperti Apel Organik. Terlepas dari apakah itu benar-benar sudah merupakan produk organik ataukah belum, sebagaimana akan dibahas nanti, perkembangan pertanian organik ini perlu mendapat arahan dan perhatian secara serius dari pemerintah.

Pertanian organik adalah teknik budidaya pertanian yang mengandalkan bahan-bahan alami tanpa menggunakan bahan-bahan kimia buatan pabrik. Tujuan utama pertanian organik adalah menyediakan produk-produk pertanian, terutama bahan pangan yang aman bagi kesehatan produsen dan konsumennya serta tidak merusak lingkungan. Gaya hidup sehat demikian telah melembaga secara internasional yang mensyaratkan jaminan bahwa produk pertanian harus beratribut aman dikonsumsi (*food-safety attributes*), kandungan nutrisi tinggi (*nutritional attributes*) dan ramah lingkungan (*eco-labelling attributes*). Preferensi konsumen seperti ini menyebabkan permintaan produk pertanian organik dunia meningkat makin pesat.

Peluang Pertanian Organik di Indonesia

Indonesia memiliki kekayaan sumberdaya hayati tropika yang unik, sinar matahari berlimpah, air dan tanah, serta budaya masyarakat yang menghormati alam, menunjukkan bahwa potensi pertanian organik sangat besar. Pasar produk pertanian organik dunia meningkat 20% per tahun, oleh karena itu pengembangan budidaya pertanian organik perlu diprioritaskan pada tanaman komoditi bernilai ekonomis tinggi untuk memenuhi kebutuhan pasar domestik dan ekspor.

Luas lahan yang tersedia untuk pertanian organik di Indonesia sangat besar. Dari 75,5 juta hektar lahan yang dapat digunakan untuk usaha pertanian, baru sekitar 25,7 juta ha yang diolah untuk sawah dan perkebunan (BPS, 2000). Pertanian organik menuntut agar lahan yang digunakan tidak atau belum tercemar bahan kimia buatan pabrik dan mempunyai aksesibilitas tinggi. Kualitas dan luasan menjadi pertimbangan dalam pemilihan lahan. Lahan yang belum tercemar adalah lahan yang belum diusahakan, tetapi secara umum lahan demikian kurang subur. Lahan yang subur umumnya telah diusahakan secara intensif dengan menggunakan bahan pupuk

dan pestisida kimia buatan pabrik. Penggunaan lahan seperti ini memerlukan masa konversi cukup lama, yaitu sekitar 2 tahun.

Volume produk pertanian organik mencapai 5-7% dari total produk pertanian yang diperdagangkan di pasar internasional. Sebagian besar disuplai oleh negara-negara maju seperti Australia, Amerika dan Eropa. Di Asia, pasar produk pertanian organik lebih banyak didominasi negara-negara timur jauh seperti Jepang, Taiwan dan Korea.

Potensi pasar produk pertanian organik dalam negeri sangat kecil, hanya terbatas pada masyarakat ekonomi menengah ke atas. Berbagai kendala yang dihadapi antara lain: (1) belum ada insentif harga yang memadai untuk produsen produk pertanian organik, (2) perlu investasi mahal pada awal pengembangan karena harus memilih lahan yang benar-benar steril dari bahan agrokimia, dan (3) belum ada kepastian pasar, sehingga petani enggan memproduksi komoditas tersebut.

Indonesia memiliki potensi cukup besar bersaing di pasar internasional walaupun secara bertahap. Hal ini karena berbagai keunggulan komparatif, antara lain: (1) masih banyak sumberdaya lahan yang dapat dibuka untuk mengembangkan sistem pertanian organik, dan (2) teknologi untuk mendukung pertanian organik sudah cukup tersedia seperti pembuatan kompos, tanam tanpa olah tanah, pestisida hayati dan lain-lain. Pengembangan selanjutnya pertanian organik di Indonesia harus ditujukan untuk memenuhi permintaan pasar global. Oleh sebab itu komoditi eksotik seperti sayuran dan perkebunan seperti kopi dan teh organik yang memiliki potensi ekspor cukup cerah perlu segera dikembangkan. Produk kopi misalnya, Indonesia merupakan pengeksport terbesar kedua setelah Brasil, tetapi di pasar internasional kopi Indonesia tidak memiliki merek dagang. Pengembangan pertanian organik di Indonesia belum memerlukan struktur kelembagaan baru, karena sistem ini hampir sama dengan pertanian intensif saat ini. Kelembagaan petani seperti kelompok tani, koperasi, asosiasi atau korporasi masih sangat relevan. Namun yang paling penting lembaga tani tersebut harus dapat memperkuat posisi tawar (*bergaining position*) petani.

Kendala dan Solusi

Pengembangan pertanian organik di Indonesia dapat menjadi suatu alternatif pemenuhan kebutuhan pangan di Indonesia jangka panjang. Oleh karena itu

penerapan pertanian organik dianggap sebagai salah satu dari pendekatan dalam pembangunan pertanian berkelanjutan, karena dalam pengembangan pertanian organik tidak terlepas dari program pembangunan pertanian secara keseluruhan. Namun dalam sosialisasi dan penerapannya di lapangan sering mengalami beberapa kendala. Agaknya terlalu berisiko untuk mengarahkan petani menerapkan pertanian organik, kalau tidak mampu memberikan jaminan dan bukti nyata terhadap peningkatan harga dan pendapatan petani dengan korbanan besar yang harus mereka berikan dalam menerapkan usahatani organik tersebut.

Perhatian masyarakat tani akan pangan organik di Indonesia masih kecil, karena pangsa pasarnya relatif kecil (sekitar 3 persen saja), terbatas pada kalangan ekonomi menengah ke atas di daerah perkotaan. Dengan demikian pangsa pasarnya cenderung cepat jenuh, bila produksinya melebihi permintaan, maka harga akan turun drastis. Di negara maju sendiri produk pertanian organik hanya 3-4 persen dari pangsa pasar yang ada, dan terbatas pada konsumen tertentu, sehingga terlalu kecil bila dijadikan target pemasaran ekspor. Di negara kita, pertanian organik masih kesulitan dalam memasarkan produk untuk mendapatkan harga yang layak (meskipun dalam beberapa kasus cukup berhasil), umumnya produk pangan organik dihargai sama dengan produk pertanian biasa.

Kendala yang lain adalah bahwa produksi pertanian Indonesia masih berorientasi pada pemenuhan pasar domestik, di mana belum ada perbedaan tegas dari selera konsumen maupun harga antara produk pertanian organik dan non organik. Kenyataan di lapangan penerapan teknologi, jumlah unit usahatani dan jumlah produk organik masih terbatas, sehingga bila diterapkan secara luas aturan dan prosedurnya terlalu rumit untuk diterapkan ditingkat petani, akibatnya tingkat produktivitas pertanian organik relatif rendah.

Bila kita sepenuhnya mengacu kepada terminologi (pertanian organik natural) ini tentunya sangatlah sulit bagi petani kita untuk menerapkannya, oleh karena itu pilihan yang dilakukan adalah melakukan pertanian organik *regeneratif*, yaitu pertanian dengan prinsip pertanian disertai dengan pengembalian ke alam masukan-masukan yang berasal dari bahan organik.

Peranan masyarakat lokal sangat penting dalam menerapkan pembangunan berkelanjutan, karena itu kearifan lokal yang telah dimiliki oleh nenek moyang kita dalam melakukan kegiatan usahatani perlu dipelajari dan diterapkan kembali. Di

samping itu kelembagaan masyarakat yang telah mengakar dan membudaya dalam kehidupan sehari-hari merupakan potensi besar untuk dikembangkan menjadi lembaga agribisnis, karena pimpinan/tokoh dari lembaga ini telah terbiasa dan mengerti tentang keadaan sumberdaya di daerah tersebut dan beradaptasi dengan kondisi setempat, serta mampu mengelola secara baik dan mandiri (*Communal Resources Management*).

Solusi yang lain dalam penerapan pertanian organik adalah perlu upaya khusus dalam merubah paradigma berfikir petani dari pendekatan pertanian untuk meningkatkan produksi menjadi pembangunan pertanian dengan pendekatan agribisnis (usaha dan keuntungan), serta pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*). Memperhatikan kelestarian sumberdaya alam dan menjaga keanekaragaman flora dan fauna, sehingga siklus-siklus ekologis dapat berjalan dan berfungsi sebagaimana mestinya.

Berbagai permasalahan seputar pertanian organik dapat diatasi dengan kesungguhan petani dengan bantuan fasilitas pemerintah. Dengan alternatif solusi ini diharapkan sistem pertanian organik di masa akan datang dapat berkembang menjadi salah satu alternatif pemenuhan kebutuhan pangan dalam negeri. Untuk itu diperlukan penelitian mendalam terhadap sistem pertanian organik ini. Banyak bidang penelitian terkait dalam mendukung perkembangan pertanian organik. Dimulai dari kajian tentang penyediaan mikroba yang dapat mendekomposisi bahan organik dalam waktu singkat, sehingga penyediaan pupuk organik dapat terpenuhi. Bidang penelitian yang lain terkait dengan pengetahuan tentang kesesuaian tanaman yang ditanam secara multikultur, dan pemutusan siklus hama dengan rotasi tanaman. Hingga saat ini belum ada hasil penelitian yang dapat menjelaskan hal tersebut, petani hanya mencoba-coba dari beberapa kali pengalaman mereka bercocok tanam cara tersebut.

Pengendalian hama dan penyakit tanaman secara alami merupakan hal terberat dalam sistem pertanian. Kegagalan panen merupakan ancaman besar buat petani, sehingga sangat dibutuhkan riset tentang bahan alami yang mengandung bahan insektisida dan penerapannya dalam pertanian. Pengetahuan akan perbaikan lahan dengan sistem pertanian organik sudah diketahui, namun sejauh mana sistem ini menjaga keberlangsungan lahan pertanian perlu diketahui melalui penelitian neraca hara dalam jangka waktu panjang. Kajian di segi pemasaran dan ekonomi

juga akan sangat berperan dalam menembus pasar internasional produk organik Indonesia.

Masa Transisi Menuju Pertanian Organik Modern

Beberapa tahun terakhir, pertanian organik modern masuk dalam sistem pertanian Indonesia secara sporadis dan kecil-kecilan. Pertanian organik modern berkembang memproduksi bahan pangan yang aman bagi kesehatan dan sistem produksi yang ramah lingkungan. Tetapi secara umum konsep pertanian organik modern belum banyak dikenal dan masih banyak dipertanyakan. Penekanan sementara ini lebih kepada meninggalkan pemakaian pestisida buatan pabrik. Dengan makin berkembangnya pengetahuan dan teknologi kesehatan, lingkungan hidup, mikrobiologi, kimia, molekuler biologi, biokimia dan lain-lain, pertanian organik terus berkembang.

Tanah yang subur dan dikelola dengan baik merupakan kunci pertanian organik produktif. Dengan demikian hara-hara yang berasal dari residu tanaman sebelumnya perlu dikelola seefisien mungkin. Analisis tanah untuk menentukan status hara seharusnya dilakukan minimal setiap 4 – 5 tahun, dan jika perlu pupuk-pupuk yang tidak larut seharusnya diaplikasikan dengan cara disebar jika kesuburan tanah memburuk.

Dalam sistem pertanian organik modern diperlukan standar mutu dan ini diberlakukan oleh negara-negara pengimpor dengan sangat ketat. Sering satu produk pertanian organik harus dikembalikan ke negara pengekspor termasuk ke Indonesia karena masih ditemukan kandungan residu pestisida maupun bahan kimia lainnya. Banyaknya produk-produk yang mengklaim sebagai produk pertanian organik yang tidak disertifikasi membuat keraguan di pihak konsumen. Sertifikasi produk pertanian organik dapat dibagi menjadi dua kriteria yaitu:

- (a) *Sertifikasi Lokal* untuk pangsa pasar dalam negeri. Kegiatan pertanian ini masih mentoleransi penggunaan pupuk kimia buatan pabrik dalam jumlah yang minimal atau *Low External Input Sustainable Agriculture (LEISA)*, namun sudah sangat membatasi penggunaan pestisida buatan pabrik. Pengendalian OPT dengan menggunakan biopestisida, varietas toleran, maupun agen hayati. Tim untuk merumuskan sertifikasi nasional sudah dibentuk oleh Departemen

Pertanian dengan melibatkan perguruan tinggi dan pihak-pihak lain yang terkait, dan

- (b) *Sertifikasi Internasional* untuk pangsa ekspor dan kalangan tertentu di dalam negeri, seperti misalnya sertifikasi yang dikeluarkan oleh SKAL ataupun IFOAM. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi antara lain masa konversi lahan, tempat penyimpanan produk organik, bibit, pupuk dan pestisida serta pengolahan hasilnya harus memenuhi persyaratan tertentu sebagai produk pertanian organik.

Beberapa komoditi prospektif yang dapat dikembangkan dengan sistem pertanian organik di Indonesia antara lain tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, tanaman rempah dan obat, serta peternakan (Tabel 1). Menghadapi era perdagangan bebas pada tahun 2010 mendatang diharapkan pertanian organik Indonesia sudah dapat mengeksport produknya ke pasar internasional.

Tabel 1. Komoditas yang Layak Dikembangkan dengan Sistem Pertanian Organik

No.	Kategori	Komoditi
1	Tanaman Pangan	Padi
2.	Hortikultura	Sayuran: brokoli, kubis merah, petsai, caisin, cho putih, kubis tunas, bayam daun, labu siyam, oyong dan baligo. Buah: nangka, durian, salak, mangga, jeruk dan manggis.
3.	Perkebunan	Kelapa, pala, jambu mete, cengkeh, lada, vanili dan kopi.
4.	Rempah dan Obat	Jahe, kunyit, temulawak, dan temu-temuan lainnya.
5.	Peternakan	Susu, telur dan daging

Secara geografis, lahan-lahan pertanian yang berpeluang besar menuju sistem organik, urut-urutannya adalah komoditi hortikultura, perkebunan, dan terakhir tanaman pangan terutama yang dibudidayakan di lahan sawah beririgasi. Hortikultura yang dapat dibudidayakan dengan sistem organik adalah hortikultura yang dibudidayakan di dataran tinggi dan relatif bebas dari sumber pencemar kecuali dari tindakan budidaya itu sendiri. Sedangkan perkebunan adalah perkebunan dilakukan dengan manajemen terkendali yang umumnya berada di kawasan dataran rendah. Untuk lahan sawah beririgasi sangat berisiko terjadi

pencemaran bergantung pada kualitas air irigasi, apakah mengalami pencemaran atau tidak.

Prinsip-Prinsip Pertanian Organik

Menurut IFOAM (2005), terdapat beberapa prinsip pertanian organik yang harus digunakan secara menyeluruh dan dibuat sebagai prinsip-prinsip etis yang mengilhami tindakan.

1. Prinsip Kesehatan

Pertanian organik harus melestarikan dan meningkatkan kesehatan tanah, tanaman, hewan, manusia dan bumi sebagai satu kesatuan dan tak terpisahkan. Prinsip ini menunjukkan bahwa kesehatan tiap individu dan komunitas tak dapat dipisahkan dari kesehatan ekosistem; tanah yang sehat akan menghasilkan tanaman sehat yang dapat mendukung kesehatan hewan dan manusia. Kesehatan merupakan bagian yang tak terpisahkan dari sistem kehidupan. Hal ini tidak saja sekedar bebas dari penyakit, tetapi juga dengan memelihara kesejahteraan fisik, mental, sosial dan ekologi. Ketahanan tubuh, keceriaan dan pembaharuan diri merupakan hal mendasar untuk menuju sehat. Peran pertanian organik baik dalam produksi, pengolahan, distribusi dan konsumsi bertujuan untuk melestarikan dan meningkatkan kesehatan ekosistem dan organisme, dari yang terkecil yang berada di dalam tanah hingga manusia. Secara khusus, pertanian organik dimaksudkan untuk menghasilkan makanan bermutu tinggi dan bergizi yang mendukung pemeliharaan kesehatan dan kesejahteraan. Mengingat hal tersebut, maka harus dihindari penggunaan pupuk, pestisida, obat-obatan bagi hewan dan bahan aditif makanan yang dapat berefek merugikan kesehatan.

2. Prinsip Ekologi

Pertanian organik harus didasarkan pada sistem dan siklus ekologi kehidupan. Bekerja, meniru dan berusaha memelihara sistem dan siklus ekologi kehidupan. Prinsip ekologi meletakkan pertanian organik dalam sistem ekologi kehidupan. Prinsip ini menyatakan bahwa produksi didasarkan pada proses dan daur ulang ekologis. Makanan dan kesejahteraan diperoleh melalui ekologi suatu lingkungan produksi yang khusus; sebagai contoh, tanaman membutuhkan tanah

yang subur, hewan membutuhkan ekosistem peternakan, ikan dan organisme laut membutuhkan lingkungan perairan. Budidaya pertanian, peternakan dan pemanenan produk organik liar haruslah sesuai dengan siklus dan keseimbangan ekologi di alam. Siklus-siklus ini bersifat universal tetapi pengoperasiannya bersifat spesifik-lokal. Pengelolaan organik harus disesuaikan dengan kondisi, ekologi, budaya dan skala lokal. Bahan-bahan asupan sebaiknya dikurangi dengan cara dipakai kembali, didaur ulang dan dengan pengelolaan bahan-bahan dan energi secara efisien guna memelihara, meningkatkan kualitas dan melindungi sumber daya alam. Pertanian organik dapat mencapai keseimbangan ekologis melalui pola sistem pertanian, membangun habitat, pemeliharaan keragaman genetika dan pertanian. Mereka yang menghasilkan, memproses, memasarkan atau mengkonsumsi produk-produk organik harus melindungi dan memberikan keuntungan bagi lingkungan secara umum, termasuk di dalamnya tanah, iklim, habitat, keragaman hayati, udara dan air.

3. Prinsip Keadilan.

Pertanian organik harus membangun hubungan yang mampu menjamin keadilan terkait dengan lingkungan dan kesempatan hidup bersama. Keadilan dicirikan dengan kesetaraan, saling menghormati, berkeadilan dan pengelolaan dunia secara bersama, baik antar manusia dan dalam hubungannya dengan makhluk hidup lain. Prinsip ini menekankan bahwa mereka yang terlibat dalam pertanian organik harus membangun hubungan yang manusiawi untuk memastikan adanya keadilan bagi semua pihak di segala tingkatan: seperti petani, pekerja, pemroses, penyalur, pedagang dan konsumen. Pertanian organik harus memberikan kualitas hidup yang baik bagi setiap orang yang terlibat, menyumbang bagi kedaulatan pangan dan pengurangan kemiskinan. Pertanian organik bertujuan untuk menghasilkan kecukupan dan ketersediaan pangan maupun produk lainnya dengan kualitas yang baik. Prinsip keadilan juga menekankan bahwa ternak harus dipelihara dalam kondisi dan habitat yang sesuai dengan sifat-sifat fisik, alamiah dan terjamin kesejahteraannya. Sumber daya alam dan lingkungan yang digunakan untuk produksi dan konsumsi harus dikelola dengan cara yang adil secara sosial dan ekologis, dan dipelihara untuk generasi mendatang. Keadilan memerlukan sistem produksi, distribusi dan perdagangan yang terbuka, adil, dan mempertimbangkan biaya sosial dan lingkungan yang sebenarnya.

4. Prinsip Perlindungan

Pertanian organik harus dikelola secara hati-hati dan bertanggung jawab untuk melindungi kesehatan dan kesejahteraan generasi sekarang dan mendatang serta lingkungan hidup. Pertanian organik merupakan suatu sistem yang hidup dan dinamis yang menjawab tuntutan dan kondisi yang bersifat internal maupun eksternal. Para pelaku pertanian organik didorong meningkatkan efisiensi dan produktivitas, tetapi tidak boleh membahayakan kesehatan dan kesejahtraannya. Karena itu, teknologi baru dan metode-metode yang sudah ada perlu dikaji dan ditinjau ulang. Maka, harus ada penanganan atas pemahaman ekosistem dan pertanian yang tidak utuh. Prinsip ini menyatakan bahwa pencegahan dan tanggung jawab merupakan hal mendasar dalam pengelolaan, pengembangan dan pemilihan teknologi di pertanian organik. Ilmu pengetahuan diperlukan untuk menjamin bahwa pertanian organik bersifat menyehatkan, aman dan ramah lingkungan. Tetapi pengetahuan ilmiah saja tidaklah cukup. Seiring waktu, pengalaman praktek yang dipadukan dengan kebijakan dan kearifan tradisional menjadi solusi tepat. Pertanian organik harus mampu mencegah terjadinya resiko merugikan dengan menerapkan teknologi tepat guna dan menolak teknologi yang tak dapat diramalkan akibatnya, seperti rekayasa genetika (*genetic engineering*). Segala keputusan harus mempertimbangkan nilai-nilai dan kebutuhan dari semua aspek yang mungkin dapat terkena dampaknya, melalui proses-proses yang transparan dan partisipatif.

Pertanian Berkelanjutan

Terminologi pertanian berkelanjutan (*Sustainable Agriculture*) sebagai padanan istilah agroekosistem pertama kali dipakai sekitar awal tahun 1980-an oleh para pakar pertanian FAO (*Food Agriculture Organization*). Agroekosistem sendiri mengacu pada modifikasi ekosistem alamiah dengan sentuhan campur tangan manusia untuk menghasilkan bahan pangan, serat, dan kayu untuk memenuhi kebutuhan dan kesejahteraan manusia. Conway (1984) juga menggunakan istilah pertanian berkelanjutan dengan konteks agroekosistem yang berupaya memadukan antara produktivitas, stabilitas, dan pemerataan.

Konsep pertanian berkelanjutan mulai dikembangkan sejak ditengarai adanya kemerosotan produktivitas pertanian (*levelling off*) akibat *green revolution*. *Green revolution* memang sukses dengan produktivitas hasil panen biji-bijian yang

menakjubkan, namun ternyata juga memiliki sisi buruk atau eksternalitas negatif, misalnya erosi tanah yang berat, punahnya keanekaragaman hayati, pencemaran air, bahaya residu bahan kimia pada hasil-hasil pertanian, dan lain-lain.

Di kalangan para pakar ilmu tanah atau agronomi, istilah sistem pertanian berkelanjutan lebih dikenal dengan istilah LEISA (*Low external Input Sustainable Agriculture*) atau LISA (*Low Input Sustainable Agriculture*), yaitu sistem pertanian yang berupaya meminimalkan penggunaan input (benih, pupuk kimia, pestisida, dan bahan bakar) dari luar ekosistem, yang dalam jangka panjang dapat membahayakan kelangsungan hidup pertanian.

Kata *sustainable* mengandung dua makna, yaitu *maintenance* dan *prolong*. Artinya, pertanian berkelanjutan harus mampu merawat atau menjaga (*maintenance*) untuk jangka waktu yang panjang (*prolong*).

Suatu sistem pertanian bisa dikatakan berkelanjutan jika mencakup hal-hal berikut:

1. Mantap secara ekologis, yang berarti bahwa kualitas sumber daya alam dipertahankan dan kemampuan agroekosistem secara keseluruhan dari manusia, tanaman, dan hewan sampai organisme tanah ditingkatkan. Kedua hal ini akan terpenuhi jika tanah dikelola dan kesehatan tanaman, hewan serta masyarakat dipertahankan melalui proses biologis. Sumberdaya lokal dipergunakan sedemikian rupa sehingga kehilangan unsur hara, biomas, dan energi bias ditekan serendah mungkin serta mampu mencegah pencemaran. Tekanannya adalah pada penggunaan sumber daya yang bisa diperbaharui.
2. Bisa berlanjut secara ekonomis, yang berarti bahwa petani bias cukup menghasilkan untuk pemenuhan kebutuhan dan atau pendapatan sendiri, serta mendapatkan penghasilan yang mencukupi untuk mengembalikan tenaga dan biaya yang dikeluarkan. Keberlanjutan ekonomis ini bisa diukur bukan hanya dalam hal produk usaha tani yang langsung namun juga dalam hal fungsi seperti melestarikan sumberdaya alam dan meminimalkan resiko.
3. Adil, yang berarti bahwa sumber daya dan kekuasaan didistribusikan sedemikian rupa sehingga kebutuhan dasar semua anggota masyarakat terpenuhi dan hak-hak mereka dalam penggunaan lahan, modal yang memadai, bantuan teknis serta peluang pemasaran terjamin. Semua orang memiliki kesempatan untuk berperan serta dalam pengambilan keputusan,

baik di lapangan maupun dalam masyarakat. Kerusuhan sosial biasanya mengancam sistem sosial secara keseluruhan, termasuk sistem pertaniannya.

4. Manusiawi, yang berarti bahwa semua bentuk kehidupan (tanaman, hewan, dan manusia) dihargai. Martabat dasar semua makhluk hidup dihormati, dan hubungan serta institusi menggabungkan nilai kemanusiaan yang mendasar, seperti kepercayaan, kejujuran, harga diri, kerjasama dan rasa sayang. Integritas budaya dan spiritualitas masyarakat dijaga dan dipelihara.
5. Luwes, yang berarti bahwa masyarakat pedesaan mampu menyesuaikan diri dengan perubahan kondisi usaha tani yang berlangsung terus, misalnya penambahan jumlah penduduk, kebijakan, permintaan pasar, dan lain-lain. Hal ini meliputi bukan hanya pengembangan teknologi yang baru dan sesuai, namun juga inovasi dalam arti sosial dan budaya.

Keberlanjutan suatu sistem pertanian berarti membudidayakan tanaman dan hewan yang memenuhi tiga tujuan sekaligus, yaitu: (1) keuntungan ekonomi, (2) manfaat sosial bagi keluarga petani dan komunitasnya, dan (3) konservasi lingkungan. Pertanian berkelanjutan bergantung pada keseluruhan sistem pendekatan yang mencakup keseluruhan tujuan yaitu kesehatan lahan dan manusia berlangsung terus. Dengan demikian, sistem pertanian berkelanjutan lebih menitik-beratkan pada penyelesaian masalah untuk jangka panjang daripada perlakuan jangka pendek.

Keberlanjutan dari sistem pertanian dapat diamati dan diukur melalui indikator yang telah ditetapkan. Indikator untuk komunitas pertanian atau pedesaan adalah tercapainya 3 tujuan keberlanjutan termasuk:

1. Keberlanjutan di bidang ekonomi:
 - a. Keluarga dapat menyisihkan hasil /keuntungan bersih yang secara konsisten semakin meningkat.
 - b. Pengeluaran keluarga secara konsisten menurun.
 - c. Usaha tani secara konsisten menguntungkan dari tahun ke tahun.
 - d. Pembelian bahan pangan di luar pertanian dan pupuk menurun.
 - e. Ketergantungan terhadap kredit pemerintah menurun.
2. Keberlanjutan Sosial:
 - a. Pertanian dapat mendukung usaha lain dan keluarga didalam komunitas tersebut.
 - b. Terjadi sirkulasi uang di dalam ekonomi lokal.

- c. Jumlah keluarga petani meningkat atau tetap.
 - d. Para pemuda mengambil alih usaha tani orang tua mereka dan melanjutkan usaha taninya.
 - e. Para lulusan sarjana kembali ke komunitasnya di pedesaan.
3. Keberlanjutan Lingkungan:
- a. Tidak dijumpai lahan bero (kosong). Lahan bero diperbolehkan bila pemulihan kondisi ekologi lahan perlu dilakukan hanya melalui 'pemberoan'.
 - b. Air bersih mengalir di saluran-saluran pertanian dan di perairan lainnya.
 - c. Kehidupan margasatwa melimpah.
 - d. Ikan-ikan dapat berkembang biak di perairan yang mengalir ke lahan pertanian.
 - e. Bentang lahan pertanian penuh dengan keanekaragaman vegetasi.

Dalam sistem pertanian berkelanjutan, sumber daya tanah dipandang sebagai faktor kehidupan yang kompleks dan dipertimbangkan sebagai modal utama (*prime capital asset*) yang harus dijaga dan dirawat secara baik. Karena tanah sebagai tempat hidup berjuta-juta mikroorganisme yang mempunyai peranan penting dalam mempertahankan dan meningkatkan kesuburan tanah. Oleh karena itu dalam sistem pertanian berkelanjutan ada istilah "tanah hidup". Ciri-ciri tanah hidup akan dibahas pada bab berikutnya.

Tanah hidup harus dipertahankan dalam sistem pertanian berkelanjutan dengan menerapkan prinsip pertanian organik antara lain pemberian kompos, pupuk kandang, *cover crop*, pupuk hijau dll, serta menerapkan sistem pengelolaan jasad pengganggu secara terpadu menggunakan bahan-bahan alami. Penerapan sistem pertanian organik akan dibahas pada bab-bab berikutnya.

BAB II

PENGELOLAAN TANAH SECARA BERKELANJUTAN DALAM SISTEM PERTANIAN ORGANIK

Prinsip dan Karakteristik Tanah Berkelanjutan

Bagaimana ciri-ciri tanah yang baik ? Beberapa petani akan menjelaskan kepada kita bahwa tanah yang baik adalah:

1. Terasa lembut dan remah (mudah dihancurkan)
2. Mendrainase dengan baik dan memanaskan dengan cepat ketika musim panas
3. Tidak keras setelah penanaman
4. Menyerap air hujan yang deras yang jatuh ke permukaan tanah dan sedikit terjadi aliran permukaan
5. Menyimpan air untuk periode musim kering
6. Mempunyai sedikit bongkahan atau lapisan padas
7. Tahan terhadap erosi dan kehilangan hara
8. Mendukung populasi organisme tanah
9. Mempunyai bau seperti bumi
10. Tidak memerlukan peningkatan masukan (input) untuk mencapai hasil yang tinggi)
11. Menghasilkan tanaman berkualitas tinggi

Seluruh kriteria di atas menunjukkan tanah yang berfungsi secara efektif saat ini dan akan berlangsung terus untuk menghasilkan tanaman dalam jangka waktu lama hingga di masa yang akan datang. Karakteristik ini dapat dibangun melalui praktek pengelolaan yang mengoptimalkan proses-proses seperti yang ditemukan di dalam tanah-tanah secara alami.

Bagaimana tanah berfungsi dalam kondisi alami? Bagaimana hutan dan padang rumput alami menghasilkan tanaman dan hewan tanpa pupuk dan pengolahan tanah? Pemahaman prinsip di mana fungsi tanah secara alami dapat membantu petani mengembangkan dan mempertahankan tanah produktif dan menguntungkan untuk saat ini dan di masa yang akan datang. Tanah, lingkungan, dan produktivitas pertanian bermanfaat bila produktivitas alami tanah dikelola dengan cara yang berkelanjutan. Keyakinan terhadap input luar menurun dari tahun ke tahun sementara nilai lahan dan potensi penurunan pendapatan meningkat.

Pengelolaan tanah yang baik menghasilkan tanaman dan hewan yang lebih sehat, sedikit peka terhadap penyakit, dan lebih produktif. Untuk memahami hal ini lebih baik, mari kita mulai dengan pengertian-pengertian yang mendasar.

Tanah Hidup


Tekstur dan Struktur

Tanah tersusun atas 4 komponen yaitu: bahan mineral, air, udara, dan bahan organik. Pada kebanyakan tanah, komposisi mineral sebesar 45% dari total volume, air dan udara masing-masing lebih kurang 25%, dan bahan organik 2 – 5%. Fraksi mineral dalam tanah terdiri dari 3 ukuran partikel yang berbeda yang diklasifikasikan sebagai pasir, debu, dan liat. Pasir merupakan partikel dengan ukuran terbesar.

Pasir sebagian besar berupa mineral kuarsa, meskipun jenis mineral lainnya juga ada. Kuarsa tidak mengandung hara tanaman, dan pasir tidak dapat menahan hara dan air. Mereka mencuci dengan mudah hara-hara ketika hujan turun. Partikel debu lebih kecil dari pasir tetapi, seperti halnya pasir, debu sebagian besar berupa mineral kuarsa. Partikel tanah yang terkecil adalah liat. Liat memiliki sifat sangat berbeda dengan pasir atau debu dan sebagian besar jenis mineral liat mengandung hara tanaman. Liat mempunyai luas permukaan yang besar karena tiap individu partikel berbentuk menyerupai lempeng. Tanah berpasir kurang produktif daripada debu, sedangkan tanah yang mengandung liat paling produktif dan menggunakan pupuk paling efektif.

Tekstur tanah menunjukkan perbandingan relatif pasir, debu, dan liat. Tanah lempung mengandung 3 jenis partikel tanah dalam perbandingan yang relatif sama. Tanah lempung berpasir juga mengandung campuran ketiga partikel tersebut namun jumlah yang terbesar adalah pasir dan yang lebih sedikit adalah liat. Sedangkan lempung berliat mengandung sejumlah besar liat dan pasir lebih sedikit. Penjelasan macam-macam kelas tekstur tanah disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kelas Tekstur Tanah Mulai dari Kasar sampai Halus

	Kelas tekstur
Tekstur Kasar	Pasir
	Pasir berlempung
	Lempung berpasir
	Lempungberpasir halus
	Lempung
	Lempung berdebu
	Debu
	Lempung liat berdebu
	Lempung berliat
Tekstur Halus	Liat

Karakteristik tanah yang lain adalah struktur tanah. Struktur tanah berbeda dengan tekstur tanah. Struktur tanah menunjukkan penggabungan atau agregasi partikel tanah pasir, debu, dan liat membentuk suatu susunan tertentu. Jika kamu mengambil segenggam tanah, struktur yang baik jelas kelihatan bila tanah tersebut remah (mudah dihancurkan) dengan tangan. Hal ini suatu indikasi bahwa partikel pasir, debu, dan liat teragregasi membentuk granuler atau struktur remah.

Kedua tekstur dan struktur menentukan ruang pori untuk sirkulasi udara dan air, ketahanan terhadap erosi, kelonggaran tanah, kemudahan untuk diolah, dan penetrasi akar. Sedangkan tekstur berhubungan dengan mineral di dalam tanah dan tidak berubah dengan aktivitas pertanian, struktur dapat diperbaiki atau dirusak dengan berbagai tindakan usaha tani.

Pentingnya Organisme Tanah

Dalam satu hektar lapisan atas tanah mengandung kurang lebih 900 kg cacing tanah, 2400 kg fungi, 1500 kg bakteri, 133 kg protozoa, 890 kg antropoda dan Ganggang, dan juga mamalia kecil (Pimentel, 1995). Dengan demikian tanah dapat lebih dianggap sebagai suatu komunitas yang hidup daripada sebagai tubuh alam yang statis atau tak berdaya. Bahan organik tanah juga mengandung organisme-organisme mati dalam berbagai fase dekomposisi. Humus, merupakan bahan organik yang berwarna gelap yang merupakan fase akhir dekomposisi, yang bersifat relatif stabil. Bahan organik dan humus berfungsi sebagai reservoir hara tanaman, mereka juga membantu membentuk struktur tanah dan memberikan manfaat lainnya.

Jenis tanah hidup yang sehat untuk mendukung manusia saat ini dan juga di masa yang akan datang akan diseimbangkan dalam hara dan kandungan humus yang tinggi dengan keragaman organisme tanah yang besar. Tanah seperti ini akan menghasilkan tanaman yang sehat dengan gulma minimal, hama dan penyakit yang tertekan. Untuk mencapai kondisi ini, kita akan bekerja dengan proses alami dan mengoptimalkan fungsi untuk mempertahankan usaha tani.

Terdapat berbagai jenis makhluk yang hidup di atas permukaan dan di dalam tanah. Tiap-tiap individu mempunyai peranan tertentu. Organisme ini akan bekerja dalam tanah dan memberikan manfaat bagi petani jika kita mengelola dan memberikan pertahanan hidup bagi organisme tersebut. Adanya keanekaragaman organisme akan mendukung kesuburan tanah, kehidupan cacing tanah, anthropoda, dan berbagai mikroorganisme yang perlu mendapat perhatian khusus.

Cacing Tanah

Lubang yang dibuat oleh cacing tanah meningkatkan infiltrasi air dan aerasi tanah. Lahan-lahan yang "diolah" oleh cacing tanah membentuk terowongan yang dapat menyerap air sebesar 4 – 10 kali lahan yang tidak mengandung terowongan tersebut (Edwards, Clive and Bohlen, 1996). Hal ini dapat mengurangi aliran air permukaan, mengisi kembali sumber air tanah, dan membantu menyimpan lebih banyak air tanah untuk musim kering. Secara vertikal cacing tanah menggali pipa udara lebih dalam ke dalam tanah, yang dapat merangsang siklus hara yang dibantu oleh mikroba pada lapisan tanah yang lebih dalam. Ketika cacing tanah terdapat dalam jumlah yang besar, pengolahan tanah yang membentuk galian-galian yang dilakukan oleh cacing tanah dapat menggantikan kebutuhan pengolahan tanah yang dilakukan mesin. Cacing tanah memakan bahan tanaman mati yang ditinggalkan di lapisan atas tanah dan mendistribusi bahan organik dan hara tanaman di seluruh lapisan atas tanah. Senyawa organik yang kaya hara terdapat di sepanjang terowongan tersebut, yang dapat tetap berada di tempat tersebut selama bertahun-tahun jika tidak didistribusikan. Selama musim kering, adanya terowongan-terowongan tersebut memungkinkan penetrasi akar tanaman yang lebih dalam menuju ke lapisan subsoil dengan kandungan air tanah yang lebih tinggi. Selain bahan organik, cacing tanah juga mengkonsumsi tanah dan mikroba tanah ketika mereka bergerak di dalam tanah. Sejumlah tanah yang mereka keluarkan dari sistem

pencernaan mereka yang dikenal dengan nama ”*casting*”. Besarnya ukuran casting berkisar dari yang sangat kecil (sebesar biji sawi) sampai agak besar (sebesar biji padi, bergantung pada ukuran cacing tanah). Kandungan hara larut dari casting kemungkinan lebih tinggi dari pada kandungan hara dalam tanah tersebut (Tabel 3). Jumlah populasi cacing tanah yang memadai dapat memproses 10.000 kg *top soil* (lapisan atas) per tahun. Dengan laju *turnover* (siklus balik) sebesar 400 ton per hektar telah ditemukan dalam beberapa studi tertentu (Edwards, *et al.*, 1998). Cacing tanah juga mensekresikan zat perangsang tumbuh tanaman. Peningkatan pertumbuhan tanaman pada tanah dengan aktivitas cacing tanah yang tinggi kemungkinan disebabkan oleh adanya zat pemacu tumbuh tersebut, tidak hanya untuk memperbaiki kualitas tanah.

Tabel 3. Analisis Hara Casting pada tanah dengan kandungan bahan organik 4 % Dibandingkan dengan Tanah di Sekitarnya

Hara	Casting (kg/ha)	Tanah (kg/ha)
Carbon	171.000	78.500
Nitrogen	10.720	7.000
Fosfor	280	40
Kalium	280	40

Sumber: Graff (1971) dalam Sullivan (2001)

Cacing tanah tumbuh dengan subur pada tanah yang tidak diolah. Biasanya, semakin sedikit pengolahan tanah semakin baik, dan semakin dangkal pengolahan tanah semakin baik juga. Jumlah cacing tanah dapat berkurang sebanyak 90% dengan semakin sering dan semakin dalam pengolahan tanah (7). Pengolahan tanah mengurangi populasi cacing tanah dengan mengeringnya tanah tersebut, membenamkan residu tanaman di mana mereka hidup dengan itu, dan membuat tanah lebih memungkinkan untuk membeku. Pengolahan tanah juga merusak lubang-lubang cacing tanah secara vertical dan dapat membunuh dan memotong cacing tanah. Cacing tanah tidak aktif pada bagian panas di musim panas dan di bagian dingin di musim dingin. Cacing-cacing muda tumbuh di musim semi dan musim gugur. Mereka paling aktif hanya bila petani sedang mengolah tanahnya. Tabel 4 menunjukkan pengaruh praktek pengolahan tanah dan penanaman terhadap jumlah cacing tanah.

Tabel 4. Pengaruh Pengelolaan Tanaman Terhadap Populasi Cacing Tanah

Tanaman	Pengelolaan	Cacing tanah/kaki ^{2b}
Jagung	Dibajak	1
Jagung	Tanpa olah tanah	2
Kedelai	Dibajak	6
Kedelai	Tanpa Olah Tanah	14
Rumput Biru/Semanggi	-	39
Pakan ternak	-	33

Kladivko (1998) dalam Sullivan (2001).

Dengan demikian, jumlah cacing tanah dapat ditingkatkan dengan mengurangi pengolahan tanah, tidak menggunakan bajak singkal, mengurangi ukuran partikel residu, menambahkan pupuk kotoran hewan, dan menanam tanaman pupuk hijau.

Cacing tanah lebih suka pada tanah dengan pH mendekati netral, kondisi tanah yang lembab, dan banyak residu tanaman di permukaan tanah. Mereka sensitif terhadap pestisida tertentu dan beberapa pupuk yang diberikan ke dalam tanah.

Arthropoda

Selain cacing tanah, terdapat banyak spesies lain organisme tanah yang capat dilihat dengan mata telanjang. Di antaranya adalah keong, siput, milipeda, sentipeda, *sowbugs*, *springtail*. Organisme ini merupakan dekomposer primer. Peranan mereka adalah memakan dan mencabik cabik partikel residu tanaman dan hewan yang berukuran besar. Residu-residu yang dibenamkan di dalam tanah akan membawanya melakukan kontak dengan organisme tanah yang lain. Beberapa kelompok organisme ini juga menjadi mangsa organisme tanah yang lebih kecil. *Springtail* merupakan jenis serangga yang berukuran kecil yang makan fungi. Limbah mereka kaya akan unsur hara tanaman yang dilepaskan setelah fungi dan bakteri lain mendekomposisinya. Selain itu kumbang juga mempunyai peran dalam siklus hara dan mengurangi parasit di dalam usus ternak dan lalat.

Bakteri

Bakteri merupakan jenis organisme tanah terbanyak, di mana setiap gram tanah mengandung paling sedikit satu juta organisme berukuran sangat kecil ini. Terdapat banyak spesies bakteri yang berbeda, tiap-tiap spesies mempunyai peranan sendiri-sendiri di dalam lingkungan tanah. Satu dari manfaat utama bakteri yang diberikan untuk tanaman adalah dalam membuat unsur hara tersedia bagi tanaman. Beberapa spesies melepaskan N, S, dan P, dan unsur mikro dari bahan organik. Spesies yang lain dapat menguraikan mineral tanah, melepaskan unsur K, P, Mg, Ca, dan Fe. Spesies yang lain lagi membuat dan melepaskan zat pengatur tumbuh tanaman, yang merangsang pertumbuhan akar.

Beberapa spesies bakteri mengubah N dalam bentuk gas di udara membentuk N tersedia bagi tanaman dan dari bentuk ini dapat diubah kembali menjadi bentuk gas. Sebagian kecil spesies bakteri mengikat N dalam akar legum sedangkan yang lain mengikat N secara bebas. Bakteri juga bertanggung jawab dalam proses perubahan N dari Amonium menjadi Nitrat dan kembali lagi bergantung pada kondisi tanah. Manfaat yang lain bagi tanaman yang diberikan oleh bakteri adalah meningkatkan kelarutan hara, memperbaiki struktur tanah, membunuh penyakit akar tanaman, dan mendetoksifikasi tanah.

Fungi

Fungi terdapat dalam berbagai spesies, ukuran, dan bentuk dalam tanah. Beberapa spesies berada dalam bentuk koloni yang menyerupai benang, sementara yang lain ada yang dikenal sebagai *yeast* (ragi). Kebanyakan fungi membantu tanaman dengan cara menguraikan bahan organik atau melepaskan hara dari mineral tanah. Fungi biasanya cepat membentuk koloni pada bahan organik yang berukuran besar dan memulai proses dekomposisi. Beberapa fungi menghasilkan hormon tanaman, sedangkan yang lain menghasilkan antibiotik termasuk penisilin. Ada spesies fungi yang dapat menjadi penangkap nematoda parasit yang berbahaya bagi tanaman.

Mikoriza merupakan fungi yang hidup baik di dalam akar ataupun permukaan akar tanaman dan bertindak sebagai rambut-rambut akar dalam tanah. Mikoriza meningkatkan serapan air dan hara tanaman terutama fosfor. Mereka sangat penting terutama pada tanah-tanah yang kurang subur atau terdegradasi.

Akar-akar yang dikoloni oleh mikoriza juga menghasilkan hormon dan antibiotik, yang meningkatkan pertumbuhan akar dan memberikan penekanan terhadap penyakit tanaman. Manfaat Fungi dari asosiasi tanaman dengan mengambil hara dan karbohidrat dari akar tanaman dimana mereka hidup di dalamnya.

Aktinomiset

Aktinomiset merupakan bakteri yang membentuk benang-benang menyerupai fungi. Walaupun tidak sebanyak bakteri, mereka berperan penting dalam tanah. Seperti halnya bakteri, mereka membantu mendekomposisi bahan organik menjadi humus, serta melepaskan hara. Mereka juga menghasilkan antibiotik yang dapat membunuh penyakit akar. Banyak antibiotik ini digunakan untuk pengobatan penyakit manusia. Aktinomiset membuat tanah terasa manis dan berbau tanah ketika tanah aktif secara biologi dilakukan pengolahan tanah.

Ganggang

Berbagai spesies ganggang hidup di bagian permukaan lapisan tanah atas kira-kira hingga kedalaman 2 cm. Tidak seperti organisme tanah lain, Ganggang menghasilkan makanan sendiri melalui fotosintesis. Mereka muncul sebagai suatu lapisan kehijauan di atas permukaan tanah ketika hujan deras menjenuhi permukaan tanah. Ganggang memperbaiki struktur tanah dengan memproduksi zat yang berlumpur yang merekatkan partikel-partikel tanah menjadi agregat yang stabil terhadap air. Beberapa spesies Ganggang (Ganggang hijau biru) dapat mengikat Nitrogen sendiri, yang kemudian dilepaskan ke akar-akar tanaman.

Protozoa

Protozoa merupakan mikroorganisme yang hidup bebas yang bergerak merayap atau berenang di dalam air di antara partikel-partikel tanah. Banyak protozoa tanah sebagai predator, yang memakan mikroba lainnya. Salah satu yang paling umum adalah amoeba yang makan bakteri. Dengan memakan dan mencerna bakteri, protozoa mempercepat siklus N dari bakteri, membuat Nitrogen lebih stabil bagi tanaman.

Nematoda

Pada umumnya jumlah nematoda sangat melimpah di dalam tanah, dan hanya sebagian kecil spesies berbahaya bagi tanaman. Spesies yang tidak berbahaya memakan serasah-serasah yang melapuk, bakteri, fungi, ganggang, protozoa, dan nematoda yang lain. Seperti predator tanah yang lain, nematoda mempercepat laju siklus hara.

Organisme Tanah dan Kualitas Tanah

Seluruh organisme tanah mulai dari bakteri yang berukuran sangat kecil sampai cacing tanah dan serangga berukuran besar berinteraksi satu dengan yang lain dalam banyak cara dalam ekosistem tanah. Organisme tidak secara langsung terlibat dalam proses dekomposisi limbah tanaman mungkin saling memakan satu sama lain atau tiap-tiap produk limbah lain atau zat-zat yang mereka lepaskan. Di antara substansi yang dilepaskan oleh berbagai mikroba adalah vitamin, asam amino, gula, antibiotik, jel, dan parafin.

Akar-akar dapat juga melepaskan berbagai zat ke dalam tanah yang merangsang mikroba tanah. Zat-zat ini berfungsi sebagai makanan organisme tertentu. Beberapa pakar dan praktisi berteori bahwa tanaman menggunakan zat-zat tersebut untuk merangsang populasi mikroorganisme yang mampu melepaskan atau memproduksi berbagai macam nutrisi yang dibutuhkan tanaman.

Penelitian tentang kehidupan dalam tanah telah menentukan bahwa ada rasio ideal untuk organisme-organisme penting tertentu di dalam tanah produktif. Dalam laboratorium jejaring makanan, di Oregon, dilakukan kegiatan uji tanah dan rekomendasi kesuburan tanah berdasar pada hasil analisis. Tujuannya adalah untuk mengubah keberhasilan komunitas mikroba tanah sehingga akan menyerupai tanah yang sangat produktif dan subur. Ada beberapa cara yang berbeda untuk mencapai tujuan ini bergantung pada kondisi.

Karena kita tidak dapat melihat banyak makhluk hidup dalam tanah dan tidak mungkin mengamatinya, maka hal ini akan mudah melupakannya. Tabel 5 menyajikan estimasi jumlah berbagai organisme ditemukan pada tanah subur.

Tabel 5. Berat Organisme Tanah dalam Top Soil Tanah Subur (Kedalaman 20 cm)

Organisme	Berat hidup (kg/ha)
Bakteri	1000
Aktinomiset	1000
Jamur	2000
Ganggang	100
Protozoa	200
Nematoda	50
Serangga	100
Cacing	1000
Akar tanaman	2000

Sumber: Bollen W.B. 1989. Microorganisms and Soil Fertility. Oregon College. Oregon State Monographs, Studies in Bacteriology. Number 1. 22p

Bahan Organik, Humus, dan Jejaring Makanan dalam Tanah

Pemahaman tentang peranan organisme tanah merupakan hal penting dalam pengelolaan tanah berkelanjutan. Berdasarkan pemahaman ini fokus pembahasan kita diarahkan pada strategi untuk membangun jumlah dan keragaman organisme tanah. Seperti halnya sapi dan hewan ternak lainnya, peternakan tanah memerlukan makanan yang tepat. Makanan itu berasal dari bahan organik.

Bahan organik dan humus merupakan istilah yang menggambarkan arti yang agak berbeda tetapi merupakan sesuatu yang berhubungan. Bahan organik menunjukkan fraksi tanah yang tersusun atas organisme hidup dan residu tanaman dalam berbagai tahap dekomposisi. Humus hanya merupakan bagian kecil dari bahan organik. Humus merupakan produk akhir dekomposisi bahan organik dan bersifat relatif stabil. Dekomposisi selanjutnya dari humus terjadi sangat lambat baik dalam kondisi alami maupun pada lahan pertanian. Di dalam sistem alami, keseimbangan dicapai antara jumlah pembentukan humus dan jumlah penguraian humus. Keseimbangan juga terjadi pada kebanyakan lahan pertanian, tetapi seringkali pada level humus tanah yang jauh lebih rendah. Humus memberikan kontribusi terhadap struktur tanah, yang pada gilirannya menghasilkan tanaman kualitas tinggi. Hal ini jelas bahwa pengelolaan bahan organik dan humus merupakan hal yang sangat penting untuk mempertahankan keberlanjutan seluruh ekosistem tanah.

Manfaat *topsoil* yang kaya dalam kandungan bahan organik dan humus adalah banyak sekali. Antara lain, kecepatan dekomposisi residu tanaman

meningkat, granulasi tanah akan membentuk agregat yang stabil, mengurangi terbentuknya kerak dan bongkahan keras, memperbaiki drainase internal, infiltrasi air menjadi lebih baik, dan kapasitas pegang air dan hara meningkat. Perbaikan struktur tanah memudahkan pengolahan tanah, meningkatkan kapasitas pegang air tanah, mengurangi erosi, pembentukan dan pemanenan tanaman yang dikonsumsi di bagian akarnya menjadi lebih baik, dan sistem perakaran tanaman menjadi lebih dalam dan subur.

Bahan organik tanah dapat diumpamakan sebagai bank hara tanaman. Tanah yang mengandung 4% bahan organik di lapisan atasnya akan mempunyai 80.000 kg bahan organik per hektarnya. 80.000 kg bahan organik akan mengandung kira-kira 5.25% N, bila dikonversi sebesar 4.200 kg/ha. Dengan asumsi 5% laju pelepasan terjadi selama musim tanam, bahan organik tersebut dapat menyuplai 210 kg N untuk tanaman. Namun jika bahan organik tersebut dimungkinkan mendegradasi dan melepaskan N, maka pupuk buatan akan diperlukan untuk menyangga hasil tanaman.

Seluruh organisme tanah yang telah disebutkan di atas, kecuali Ganggang, bergantung pada bahan organik sebagai sumber makannya. Jadi, untuk mempertahankan populasinya, bahan organik harus diperbaharui dari tanaman yang tumbuh di atas tanah atau dari kotoran hewan ternak, kompos atau bahan lain yang diimpos dari luar daerah. Ketika hewan-hewan tanah memakannya, maka kesuburan tanah akan meningkat dan tanah akan memberikan makanan bagi tanaman.

Akhirnya, membangun bahan organik dan humus di dalam tanah merupakan suatu bahan mengelola organisme hidup di dalam tanah, yang merupakan sesuatu yang berhubungan erat dengan pengelolaan kehidupan atau peternakan hewan di dalam tanah. Hal ini memerlukan pekerjaan untuk mempertahankan kondisi kelembaban, temperatur, status hara, pH, dan aerasi yang sesuai di dalam tanah. Ini juga melibatkan pemberian sumber makanan yang konstan dari bahan organik segar.

Bila kita simpulkan prinsip pengelolaan tanah berkelanjutan adalah:

1. Hewan tanah mendaur ulang hara dan memberikan banyak manfaat.
2. Bahan organik merupakan makanan hewan tanah.
3. Tanah seharusnya tertutup untuk melindunginya dari erosi dan temperatur yang ekstrim.
4. Pengolahan tanah mempercepat proses dekomposisi bahan organik.

5. Nitrogen yang berlebihan mempercepat dekomposisi bahan organik, jumlah nitrogen yang tidak memadai memperlambat dekomposisi bahan organik dan tanaman mengalami kekurangan hara N.
6. Pembajakan tanah mempercepat dekomposisi bahan organik, merusak habitat alami cacing tanah, dan meningkatkan erosi.
7. Untuk membangun bahan organik tanah, produksi atau penambahan bahan organik harus melebihi dekomposisi bahan organik.
8. Tingkat kesuburan tanah memerlukan kisaran N yang sesuai sebelum program pembangunan tanah dimulai.

Tahapan Membangun Tanah Subur

Dalam membangun tanah menjadi lebih baik kesuburannya ada beberapa pertanyaan yang perlu dibahas antara lain: dapatkah *cover crop* dimasukkan ke dalam sistem rotasi tanaman? Bagaimana tanaman residu tinggi atau tanaman rumput tahunan? Adakah sumber ekonomis dari bahan organik atau pupuk alam di daerahmu? Adakah cara untuk mengurangi pengolahan tanah dan pupuk N buatan? Di mana sesuatu hal memungkinkan untuk dikerjakan, bahan pembenah tanah dari bahan organik dapat ditambahkan untuk menyuplai bahan organik dan hara tanaman. Hal ini terutama berguna untuk memenuhi hara tanaman di mana pupuk organik dan bahan pembenah tanah digunakan.

Dimulai dengan uji tanah dan analisis hara bahan kita dapat membangun tanah menjadi lebih baik. Mengetahui jumlah hara yang dibutuhkan oleh tanaman merupakan petunjuk jumlah bahan pembenah yang harus diaplikasikan dan dapat menyebabkan pengurangan yang signifikan dalam pembelian pupuk buatan. Komposisi hara bahan organik dapat berubah-ubah, yang merupakan dasar untuk menentukan jumlah yang dibutuhkan menyesuaikan dengan hasil analisis. Selain mengandung hara utama tanaman, pupuk organik dapat menyuplai unsur mikro esensial bagi tanaman. Kalibrasi yang tepat dari peralatan alat penyebarkan pupuk merupakan hal yang penting untuk menjamin tingkat aplikasi yang akurat.

Penggunaan Pupuk Kotoran Hewan

Pupuk alam merupakan bahan pembenah tanah yang paling tepat, karena memberikan bahan organik dan hara dan N dalam pupuk kotoran hewan bergantung pada makanan yang dikonsumsi, jenis alas kandang yang digunakan (jika ada), dan apakah pupuk tersebut diaplikasikan sebagai padatan atau cairan. Tingkat pemberian pupuk kotoran ternak susu sebesar 20 – 60 ton per ha atau 4000 – 11.000 galon cairan untuk jagung. Pada tingkat pemberian ini tanaman akan memperoleh antara 50 – 150 kg N tersedia per hektar. Apalagi sejumlah besar C akan ditambahkan ke dalam tanah, mengakibatkan tidak ada kehilangan bahan organik tanah. Residu tanaman yang tinggi tumbuh dari lahan dengan aplikasi pupuk alam dan meninggalkan tanah akan juga mendukung bahan organik.

Namun, masalah yang umum dengan menggunakan pupuk alam sebagai sumber hara tanaman adalah bahwa tingkat aplikasi biasanya didasarkan pada kebutuhan N tanaman tersebut. Karena beberapa pupuk alam mempunyai cukup banyak P sebagaimana N yang terkandung dalam pupuk alam tersebut, sehingga dapat menambah kandungan P tanah. Sebagai contoh kotoran ternak ayam broiler dapat mengandung kira-kira 25 kg N dan P dan kira-kira 20 kg K per ton.

Penggunaan Kompos

Pengomposan bahan organik dan pupuk alam di tingkat petani merupakan suatu cara yang tepat untuk menstabilkan kandungan hara. Pupuk alam yang dikomposkan juga lebih mudah ditangani, tidak terlalu menumpuk, berbau lebih baik daripada pupuk segar (mentah). Sebagian besar hara dalam pupuk segar merupakan bentuk yang tidak larut dan tidak stabil. Bentuk yang tidak stabil tersebut lebih memungkinkan untuk mengalir di permukaan bersama dengan aliran air jika diaplikasikan di permukaan tanah atau tercuci jika ditanamkan ke dalam tanah. Kompos tidak secepat sumber hara yang siap tersedia, tetapi kompos melepaskan hara-haranya secara perlahan-lahan, dengan demikian meminimalkan kehilangan. Kompos yang berkualitas mengandung lebih banyak humus daripada komponen mentahnya, karena dekomposisi awal telah terjadi selama proses pengomposan. Tidak seperti halnya pupuk alam, kompos dapat digunakan di hampir tingkat pemberian tanpa membakar tanaman. Contoh nyata dalam budidaya tanaman di pot di rumah kaca menggunakan kompos sebesar 20 – 30%. Kompos seharusnya juga

dianalisis di laboratorium untuk menentukan kandungan haranya dan menjamin bahwa kompos tersebut efektif digunakan untuk menghasilkan tanah dan tanaman yang sehat dan tidak secara berlebihan sehingga dapat memberikan kontribusi negatif terhadap polusi air.

Pengomposan juga mengurangi isi bahan organik mentah, terutama pupuk kotoran hewan, yang seringkali mempunyai kandungan air yang tinggi. Namun, semakin kecil dan semakin mudah ditangani, kompos dapat menjadi mahal. Pengomposan di tingkat petani dapat mengurangi biaya dibandingkan dengan membeli kompos jadi.

Penanaman *Cover crop* dan Pupuk Hijau

Berbagai jenis tanaman dapat ditanam sebagai tanaman penutup tanah (*cover crop*). Beberapa dari jenis *cover crop* yang umum digunakan adalah tanaman rumput-rumputan, tanaman legum. Tiap-tiap jenis tanaman mempunyai kelebihan satu dengan lain dan berbeda dalam hal tingkat adaptabilitasnya. Tanaman penutup tanah dapat mempertahankan atau meningkatkan bahan organik tanah jika mereka diijinkan tumbuh cukup lama untuk menghasilkan dedaunan yang banyak.

Untuk *cover crop* legum memberikan tambahan N ke dalam tanah yang cukup dapat dipertimbangkan untuk tanaman berikutnya; sehingga tingkat aplikasi N dapat dikurangi. Bila rumput-rumputan digunakan sebagai *cover crop*, diperlukan penambahan N untuk menggantikan N yang diikat akibat tingginya kandungan C-organik residu rumput-rumputan. *Cover crop* juga berfungsi menekan pertumbuhan gulma, membantu memutuskan siklus pestisida, melalui tepungsari dan nektar memberikan sumber makanan bagi serangga yang bermanfaat. *Cover crop* juga dapat mendaur ulang hara-hara dalam tanah, membuatnya tersedia bagi tanaman berikutnya sebagai pupuk hijau.

Aplikasi Asam Humat

Turunan asam humat dan asam fulvat merupakan golongan famili yang berbeda-beda dari produk, yang biasanya diperoleh dari berbagai bentuk batu bara teroksidasi.

Batubara yang dihasilkan humus sama pentingnya dengan ekstrak humus dari tanah, tetapi ada suatu keengganan dalam beberapa lingkungan untuk menerima

sebagai suatu bahan tambahan yang berguna bagi tanah. Pada sebagian orang menganggap bahwa hanya humus yang berasal dari bahan organik yang baru terurai saja yang bermanfaat. Hal ini juga benar bahwa produksi dan daur ulang bahan organik dalam tanah tidak dapat digantikan oleh humus berasal dari batubara.

Namun, sementara gula, gum, *wax*, dan bahan-bahan serupa yang berasal dari bahan organik segar yang melapuk memegang peranan penting dalam mikrobiologi dan struktur tanah, bahan-bahan tersebut bukan humus. Hanya sebagian kecil saja dari bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah akan dikonversi menjadi humus. Dan sebagian besar kembali ke atmosfer sebagai CO₂ ketika bahan organik tersebut melapuk.

Beberapa studi telah menunjukkan efek positif dari humat. Namun dalam jumlah sedikit asam humat kurang berpengaruh nyata terutama pada tanah dengan kandungan bahan organik tinggi; yang dalam jumlah besar dapat mengikat hara tanah.

Pengolahan Tanah Konservasi

Walaupun pengolahan tanah sudah menjadi praktek yang umum pada kebanyakan sistem produksi pertanian, namun pengaruhnya terhadap tanah dapat menjadi kontra produktif. Pengolahan tanah meratakan permukaan tanah dan merusak agregasi tanah secara alami dan terowongan-terowongan yang dibuat oleh cacing tanah. Porositas dan infiltrasi air menurun akibat tindakan pengolahan tanah. Lapisan bajak akan terbentuk akibat pengolahan tanah yang intensif, terutama jika tanah dibajak dengan peralatan berat dalam kondisi basah. Tanah yang diolah menjadi lebih peka terhadap erosi dibandingkan dengan tanah yang tertutup residu tanaman. Sehubungan dengan permasalahan-permasalahan yang telah disebutkan diatas akibat pengolahan tanah konvensional, maka saat ini telah dikembangkan pengolahan tanah konservasi yang meliputi Tanpa Olah Tanah, Pengolahan tanah dalam barisan tanam (*ridge till*), dan pengolahan tanah pada lubang tanam (*zone till*).

Pada dasarnya pengolahan tanah konservasi merupakan pengolahan tanah yang meninggalkan residu tanaman sebelumnya pada penanaman tanaman berikutnya. Manfaat dari pengolahan tanah konservasi adalah mengurangi erosi tanah dan memperbaiki retensi air tanah, sehingga tanaman lebih tahan terhadap kekeringan ketika musim kemarau. Manfaat tambahanya adalah dapat mengurangi

penggunaan bahan bakas, meningkatkan fleksibilitas penanaman dan pemanenan, mengurangi kebutuhan tenaga kerja, dan memperbaiki kondisi fisik tanah.

Pada pengolahan tanah konservasi proses pencampuran tanah terjadi lebih sedikit, sehingga mempengaruhi bentuk dan penempatan pupuk dalam tanah. Pupuk akan tetap tinggal pada permukaan tanah. Residu-residu tanaman yang berada di permukaan tanah menyebabkan tanah tetap lembab, merangsang pertumbuhan akar di sekitar permukaan tanah dan memperbaiki serapan hara dari lapisan tanah di bawahnya. Pengolahan tanah konservasi terutama Tanpa Olah Tanah dapat mengurangi ketersediaan N dengan menambah jumlah N yang diikat oleh lapisan tanah atas, meningkatkan pencucian dan volatilisasi, dan menurunkan rata-rata temperatur tanah. Pemberian N pada lapisan tanah yang lebih dalam dan inhibitor Nitrifikasi akan dapat mengurangi masalah ini.

BAB III

SISTEM PERTANIAN TERPADU (*INTEGRATED FARMING SISTEM*)

Jika kita melihat masa lalu, nenek moyang bangsa kita umumnya menggantungkan kehidupannya pada bercocok tanam, mereka melakukan sistem pertanian tradisional dengan mengandalkan keseimbangan alam sebagai sistem pertanian (*natural sistem*). Saat itu belum dikenal adanya benih unggul, pupuk dan pestisida. Mereka menggunakan benih yang telah ada secara alami dan berkembang secara *in situ*. Mereka tidak menggunakan pupuk, tetapi semua jerami sisa panen dikembalikan ke lahan. Pupuk yang mereka kenal adalah kotoran ternak. Mereka membuat rumah kecil di lahan sebagai tempat pembuangan kotoran keluarga. Hama dan penyakit tanaman sudah mereka kenal, tetapi tidak diberantas. Untuk pengendaliannya diserahkan kepada alam. Hasilnya, kehidupan nenek moyang kita saat itu berkecukupan, bahkan berlimpah.

Konsep pertanian yang tanpa atau sedikit memberikan masukan (*input*) dari luar lahan dikenal dengan sistem "pertanian input luar rendah" (*low external input agriculture, LEIA*). Sistem pertanian ini terdapat pada berbagai agro-ekosistem dan sosio-kultural, di Negara-negara Asia, Afrika dan Amerika Latin pada masa lalu, di mana belum dikenal istilah pertanian modern (*modern farming*).

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi abad ke-20 mengarah ke penggunaan teknologi masukan luar tinggi (*high external input technology, HEIT*), mulai dari ditemukannya varietas unggul yang respon terhadap pupuk tetapi peka serangan hama - penyakit. Hal ini menyebabkan penggunaan pupuk buatan pabrik dan pestisida yang berlebihan sehingga mengakibatkan kerusakan lahan dan lingkungan hidup. Di lain pihak, upaya mengoptimalkan sistem ini terasa sulit dilaksanakan meskipun potensi produksi masih jauh untuk dicapai, atau terjadi gejala "*leveling off*" pada produksi pertanian. Hal ini berarti bahwa sistem HEIT tidak menjamin hasil pertanian berkelanjutan (*sustainability*).

Kemudian ditawarkan konsep pertanian masa depan yang disebut sistem pertanian berkelanjutan dengan teknologi input luar rendah (*low external input sustainable agriculture, LEISA*). LEISA dianggap merupakan sistem yang menjanjikan kehidupan yang layak bagi petani, bertolak pada optimalisasi

sumberdaya lokal yang ada, dengan pendekatan ”keseimbangan” dan memperhatikan kesehatan lingkungan. Termasuk dalam LEISA adalah Sistem Pertanian Terpadu/SPT (*Integrated Farming Sistem/IFS*). SPT merupakan suatu sistem yang menggabungkan peternakan konvensional, budidaya perairan, hortikultura, agroindustri dan segala aktivitas pertanian. Pupuk yang dihasilkan oleh ternak digunakan untuk memupuk tanaman, dan residu tanaman digunakan sebagai pakan ternak.

Sistem Pertanian Terpadu (SPT) atau *Integrated Farming Sistem* (IFS) telah merubah dengan cepat peternakan konvensional, budidaya perairan, hortikultura, agroindustri dan segala aktivitas pertanian di beberapa negara, khususnya di daerah tropis dan sub-tropis basah (*not-arid*). Pertanian di seluruh dunia tidak akan menampakkan hasilnya tanpa input tinggi dan seringkali tidak kompromi dengan kelangsungan hidup ekonomi dan keberlanjutan ekologinya. Situasi ini menjadi lebih memperburuk SPT, semuanya harus dibayar dengan bahan dan energi yang diimpor di mana bahan berpotensi sebagai polutan juga digunakan.

SPT dapat mengatasi semua kendala tersebut, tidak saja dari aspek ekonomi dan permasalahan ekologis, tetapi juga menyediakan sarana produksi yang diperlukan seperti bahan bakar, pupuk dan makanan, di samping produktivitas terus meningkat. Hal itu dapat mengubah sistem pertanian yang penuh resiko (terutama di negara-negara miskin) kearah sistem pertanian ekonomis dan kondisi ekologi seimbang.

Sistem Terpadu

Melihat masa lalu di mana situasi aktivitas pertanian di dunia yang penuh resiko, kita lihat petani miskin susah untuk memberi makan diri mereka sendiri dan berusaha untuk menghidupi dirinya dari lahan, ternak dan tanaman mereka. Pupuk yang dihasilkan oleh ternak digunakan untuk memupuk tanaman, dan residu tanaman digunakan sebagai pakan ternak. Dalam rangka meningkatkan produksi dan kualitas, mereka memerlukan input yang tinggi seperti pupuk kimia dan pakan buatan pabrik, yang membuat aktivitas pertanian tidak ekonomis. SPT mereka juga harus mengatasi polusi yang mereka ciptakan dari aktivitas pertanian tersebut, mereka tidak akan mampu usahakan itu.

Mereka yang membudidayakan ikan pada sistem peternakan telah membuat kemajuan besar, tidak hanya meningkatkan pupuk dari kotoran ikan, tetapi juga meningkatkan pendapatan mereka dari hasil ikan yang lebih cepat dan harga pasar yang lebih tinggi. Kolam yang lebih dalam mengakibatkan produktivitas ikan lebih tinggi, dengan nilai pupuk dan kotoran ikan lebih tinggi, tetapi kolam ikan akan menjadi sumber polusi, SPT menerima terlalu banyak kotoran ikan yang menghabiskan oksigen terlarut.

Dengan memperlakukan kotoran ikan secara *an-aerob* dalam mesin pengompos (*digesters*), dengan tambahan energi biogas, dan secara *aerob* dalam bak penampungan, akan meningkatkan jumlah pupuk dan makanan yang dihasilkan, tetapi tanpa menggunakan oksigen terlarut dalam air. Teknologi murah dengan masukan (*input*) yang lebih baik akan memperbaiki sistem.

Dengan catatan bahwa semua nutrisi dan makanan digunakan untuk meningkatkan produktivitas, akan membuat petani jauh lebih makmur. Energi juga dapat membantu petani dalam memproses, memelihara dan memberikan nilai tambah serta mengurangi resiko produksi. Inilah yang disebut dengan '*Sistem Pertanian Terpadu*'.

Pengintegrasian (Keterpaduan)

Kombinasi peternakan dan aktivitas pertanian telah banyak membantu petani seluruh dunia di masa lalu, dengan menggunakan kotoran ternak sebagai pupuk untuk tanaman, dan residu tanaman digunakan sebagai pakan ternak. Umumnya kebanyakan dari pupuk kehilangan setengah dari kandungan nitrogennya sebelum menjadi nitrat tersedia bagi tumbuhan. Jumlahnya menjadi tidak cukup jika populasi tanaman meningkat, sehingga pupuk kimia dan makanan buatan harus digunakan, keuntungan petani yang kecil menjadi merosot.

Pemaduan perikanan dalam peternakan dan pertanian akan memperbaiki baik persediaan pupuk maupun pakan, dan nilai pasar yang lebih tinggi dari ikan sebagai bahan pangan. Secara teknis, penambahan yang penting dari siklus kedua yang dihasilkan oleh kotoran ikan memberikan keuntungan pada proses yang terintegrasi. Hal ini telah dicatat oleh M.Prein dari ICLARM Malaysia dalam "*Integration of Aquaculture into Crop-Animal Systems in Asia*".

Perlu dicatat bahwa yang pertama dari siklus kedua dari nutrisi yang dihasilkan dari peternakan digunakan untuk memupuk pertumbuhan berbagai plankton alami di kolam yang nantinya menjadi makanan ikan. Hasil ikan meningkat tiga sampai empat kali lipat seperti yang terjadi di Cina, Thailand, Vietnam, India dan Bangladesh. Ikan, setelah mengkonsumsi plankton, akan menghasilkan kotoran mereka sendiri yang dikonversi secara alami ke dalam siklus bahan makanan yang kedua, yang kemudian digunakan untuk memupuk berbagai tanaman yang terapung di permukaan air, seperti yang dilakukan di sebagian Negeri Cina.

Sekalipun ini telah menjadi suatu langkah kemajuan, masih memerlukan beberapa masukan eksternal untuk meningkatkan produktivitas pertanian dan poses agroindustri. Maka dari itu tidaklah cukup untuk mengangkat petani kecil keluar dari kemiskinan, oleh karena meningkatnya biaya-biaya produksi, seperti pupuk kimia, bahan bakar dan makanan buatan, yang mempunyai efek kurang baik pada hasil dan mutu, proses produksi dan ekonomi pertanian. Inovasi lebih lanjut untuk peningkatan produktivitas sangat diperlukan untuk mendukung kesempurnaan sistem pertanian terpadu. Ini adalah apa yang sedang diupayakan oleh ZERI (*Zero Emission Research Initiative*) suatu Sistem Biomas Terpadu/*Integrated Biomas Sistem* (IBS), seperti didokumentasikan oleh Gunter Pauli dalam "*Upsizing*".

Pengolahan dan Oksidasi

Inovasi yang paling penting adalah pengenalan *DIGESTER* dan *BASIN* dalam proses pengolahan sampah/kotoran dalam SPT (Sistem Pertanian Terpadu). Satu masalah besar dengan sampah/kotoran ternak adalah kotoran tersebut mengandung bahan organik yang tidak stabil, yang cepat terdekomposisi dan mengkonsumsi oksigen. Maka untuk kolam ikan spesifik, jumlah kotoran ternak yang dapat ditambahkan terbatas, sebab dapat menghabiskan oksigen dan mempengaruhi populasi, bahkan dapat membunuh ikan.

Kita perlu juga mempertanyakan proposal yang tak menentu, seperti yang dikemukakan oleh ilmuwan Mauritius, yang mengabaikan kegagalan masa lampau yang di seluruh dunia dan mengulangi kekeliruan yang sama, seperti:



Gambar 1. Kotoran Ternak di Areal Peternakan

- Menyebar kotoran ternak di lahan untuk membiarkannya membusuk dan berharap sejumlah nutrisi tersisa setelah amoniak menguap dan nitrit jika tidak tercuci oleh hujan atau air irigasi.
- Mengomposkan kotoran ternak dengan sampah rumah tangga untuk mendapatkan pupuk dengan mutu rendah, karena amoniak dan nitrit telah hilang, sebagai ganti pengolahan kotoran ternak dengan kualitas lebih baik, dan penggunaan sampah untuk menghasilkan makanan tinggi protein seperti cacing tanah dan residu sampah sebagai pelembab tanah.
- Memperlakukan kotoran ternak secara tidak efektif seperti halnya tidak efisiennya *septic-tank* yang sudah ketinggalan jaman yang tidak lagi bermanfaat.

Pengolahan kotoran ternak dalam kondisi *an-aerob*, diikuti dengan oksidasi dalam bak terbuka menggunakan ganggang alami menghasilkan oksigen bebas melalui fotosintesis, sebelum kotoran tadi mengalir ke dalam tambak, dapat mengkonversi hampir 100% bahan organik ke bahan an-organik, yang tidak mengurangi oksigen bagi keberlangsungan kehidupan ikan. Maka, secara teoritis, adalah mungkin untuk meningkatkan jumlah ikan sepuluh kali lipat tanpa resiko polusi.

Lebih dari itu, meningkatnya nutrisi yang siap digunakan memberikan keuntungan bagi sistem tersebut, dengan ketentuan bahwa mereka secara total digunakan kedua-duanya baik ikan maupun budidaya tanaman, atau mereka dapat

mengatasi permasalahan 'pengkayaan' (*eutrophication*) hara dalam air, termasuk tambak itu sendiri.

Peran dan Efek Berbagai Komponen Sistem Pertanian Terpadu

Peternakan

Peternakan besar atau kecil yang memproduksi susu, telur atau daging memerlukan pemberian makanan yang seimbang tiap hari. Sesuatu yang berharga bahwa di samping tempat tinggal yang nyaman dan terjaga kebersihannya, mereka harus mempunyai keseimbangan ransum yang baik untuk menghasilkan produk makanan berkualitas.

Peternakan juga menghasilkan kotoran/sampah setiap hari, yang merupakan sumber daya dapat diperbaharui yang berharga dan akan mendukung keberlanjutan aktivitas pertanian di tempat itu, bahkan tanpa masukan eksternal seperti bahan bakar fosil, pupuk kimia dan makanan buatan. Di seluruh dunia, yang belakangan telah dipercaya dapat meningkatkan hasil dan bahkan kualitas tetapi dengan biaya lebih besar. Tetapi kebanyakan petani pada strata rata-rata dan petani miskin tidak dapat mengusahakannya, sementara petani-petani pertanian terpadu menjadi kaya dengan hasil pertanian mereka.

Bagaimanapun, makanan tetap merupakan masalah serius baik dalam kuantitas maupun kualitas. Kebanyakan makanan dapat diproduksi dari tanaman, tanaman dan pemrosesan residu tanaman, dengan atau tanpa pengolahan lebih lanjut untuk pemeliharaan atau peningkatan, tetapi beberapa bahan seperti cacing tanah, ulat sutera, jamur, serangga dan organisme lain juga perlu dijaga kestabilannya, karena beberapa di antara mereka genap memproduksi bahan-bahan bernilai tinggi seperti sutera dan jamur.

Alat Pengompos

Alat pengompos dapat berupa alat sederhana seperti sepasang tas plastik dengan kapasitas 5 m³ atau drum bervolume 200 liter untuk lahan yang kecil, atau struktur baja/beton bertulang dengan UASB (*upflow anaerobik sludge blanket*) untuk efisiensi yang maksimum bagi lahan yang besar atau perusahaan industri.

Alat pengompos tersebut akan mengolah kotoran/sampah organik melalui isolasi, penyelesaian (*settling*), pencernaan (*digestion*), pencairan (*liquefaction*) dan pemisahan cairan (*solid/liquid separation*), kemudian menghasilkan endapan/sedimentasi dalam tangki, untuk mengurangi BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), jika diukur kandungan bahan organik mencapai 60% atau lebih. Substrat ini secara biologis kondisinya sangat baik, dengan bakteri yang methana, yang secara alami terdapat dalam perut manusia dan binatang berdarah panas.



Gambar 2. Alat Pengompos (*Decomposter*)

Ketika sampah segar dimasukkan dalam alat pengompos, bakteri ”makan” kandungan bahan organiknya dan mengubah bentuk amoniak (NH_3) dan nitrit (NO_2) yang tidak stabil ke bentuk nitrat (NO_3) yang stabil, yang merupakan nutrisi yang siap digunakan sebagai pupuk. Setelah itu hanya memerlukan pembalikan dan pembersihan bahan yang mengapung di permukaan dan dimasukkan pipa dengan bantuan penghisap, tanpa penambahan energi atau bahan-kimia.

Ketika kotoran/sampah ditambahkan, mesin pengompos menghasilkan biogas yang berlimpah, suatu campuran 2/3 gas metan dan 1/3 gas asam-arang (CO_2), yang merupakan suatu sumber energi dapat diperbaharui dan cuma-cuma bagi petani dan pengguna industri. Perkebunan besar, pengemas daging dan ikan, tempat penyulingan, dan berbagai agro-industri kini dapat memenuhi kebutuhan energi sendiri, di samping mempunyai nutrisi dalam jumlah banyak untuk pemupukan tambak ikan, dan ”*fertigation*” (pemupukan melalui air irigasi) bagi tanaman.

Oksidasi

Proses oksidasi ini merupakan proses yang murah dalam bak secara aerobik (dimana oksigen terlarut dapat berasal dari atmosfer atau yang diproduksi oleh

ganggang alami melalui fotosintesis) dengan pengurangan 30% BOD. Sehingga alirannya akan siap untuk masuk ke dalam tambak ikan. Daerah tropis (sedikit di subtropik), merupakan daerah subur penghasil protein dari ganggang *chlorella*, sehingga merupakan sumber oksigen cuma-cuma untuk makanan tambahan bagi ayam, itik dan angsa.



Gambar 3. Pengaliran Gas Oksigen melalui Pipa

Tambak (Kolam Ikan)

Beberapa sisa bahan organik dari kotoran ternak akan segera dioksidasi di dalam tambak, dengan efek kurang baik pada populasi ikan yang besar. Lebih dari itu, nutrisi siap tersedia untuk menghasilkan pertumbuhan yang subur dari berbagai plankton yang berbeda sebagai sumber makanan bagi 5-6 jenis ikan. Tidak perlu makanan buatan, kecuali rumput yang tumbuh di situ sebagai makanan bagi ikan-ikan herbivora (*herbivorous fish*).



Gambar 4. Kolam Ikan

Seperti telah disebutkan, ikan menghasilkan kotoran mereka sendiri yang secara alami akan berfungsi dalam siklus nutrisi yang kedua, yang kemudian

digunakan oleh tanaman yang tumbuh di kolam. Produktivitas yang tinggi seperti ini tidak ditemukan dalam sistem pertanian lain.

Dalam Sistem Pertanian Terpadu, fermentasi beras atau biji-bijian lain, digunakan untuk produksi alkohol, atau ulat sutera dan kotorannya digunakan dalam *serviculture*, semua tersedia untuk siklus nutrisi yang ketiga dalam kolam, menghasilkan produksi ikan dan tanaman lebih tinggi, dengan ketentuan bahwa mutu air tidak mempengaruhi. Penelitian dan pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk menemukan inovasi-inovasi baru dalam penggunaan/penyerapan nutrisi dalam sistem perikanan, budidaya ikan dan tanaman, sebab bagian yang tak terpakai potensial sebagai polutan. Ada juga kemungkinan untuk menggunakannya sebagai pupuk kering.

Lahan Tanaman

SPT mempunyai situasi berlawanan di mana dalam SPT ada banyak pupuk, sementara dalam sistem yang lain kekurangan, sehingga dibutuhkan cara lain dalam penggunaannya. Terlepas dari tumbuhnya tanaman merambat di tepi kolam, yang dibiarkan tumbuh menjalar di sekitar tambak, beberapa negara-negara sudah berhasil menumbuhkan beberapa jenis sayuran yang terapung di permukaan danau dan sungai. Sementara yang lain sudah menanam biji-bijian, buah-buahan dan bunga diatas bambu atau pipa polyurethane panjang yang mengapung di atas hampir separuh permukaan air tambak, tanpa mengganggu budidaya 5-6 macam ikan yang ada dalam kolam tersebut.



Gambar 5. Sistem Pertanian Terpadu

Budidaya tanaman sekitar tambak dapat meningkatkan hasil tanaman dengan penggunaan hampir setengah juta hektar dari tambak ikan dan danau di Cina. Semuanya ini mungkin dilakukan karena berlebihnya nutrisi dari Sistem Pertanian Terpadu.

Pola penanaman juga diperbaiki dengan budidaya tanaman air (*aquaponic culture*). Sebagai contoh, padi ditransplanting dalam 12 modul, satu setiap minggu, dan dibiarkan berkembang dalam kolam tanpa irigasi dan pemupukan, atau melakukan penyiangan, dalam waktu 12 minggu akan masak (dewasa). Pada minggu ke-13, padi dipanen dan bibit semaian ditanam lagi untuk memulai siklus baru. Hal tersebut memungkinkan untuk 4 kali penanaman padi dalam setahun.

Contoh lain adalah pada teknik budidaya hidroponik buah-buahan sayur-sayuran dalam deretan pipa berbentuk bersegi tiga, dan diberi nutrisi yang berasal dari mineral di kolam, ditambah dengan unsur-unsur yang hilang, semua diserap oleh tanaman. Rangkaian ini memberikan hasil lebih tinggi per unit area permukaan bangunan hidroponik.

Aliran terakhir disalurkan pembuangan di mana tumbuhan makrofit seperti: *Lemna*, *Azolla*, *Pistia*, dan bahkan sejenis bunga bakung air yang menyerap unsur-unsur hara seperti nitrat, fosfat dan kalium sebelum air yang murni dilepaskan ke *aquifer*.

Prosessing

Satu masalah besar dalam pemasaran hasil pertanian adalah turunnya harga ketika hasil pertanian berlimpah, dan kerugian besar disebabkan karena produk tidak terjual. Proses sederhana seperti pengasapan, pengeringan, penggaraman, perendaman dalam larutan gula (*sugaring*), pengawetan, dan lain lain harus diajarkan kepada petani agar produk yang melimpah tadi tidak rusak. Dengan kondisi energi biogas yang ada, mereka sekarang mampu melakukan pengolahan hasil pertanian untuk memberikan nilai tambah produk tersebut.

Pentingnya sumber yang cukup seperti energi biogas gratis dalam Sistem Pertanian Terpadu tidak cukup memberi penekanan, ketika kebanyakan negara-negara kekurangan sumber daya penting ini untuk kepentingan ekonomi dan pembangunan sosial, terutama di wilayah-wilayah terisolasi. Biogas tetap tersedia ketika bahan bakar fosil habis.

Residu/Sampah

Dalam SPT, banyak dihasilkan biomas seperti *sludge* (kotoran cair), ganggang mati, *macrophytes*, sisa panen dan sisa prosesing. Dengan pertimbangan bahwa peternakan hanya menggunakan 15-20% makanan yang mereka konsumsi, dan mengeluarkan sisa dalam kotoran mereka, kandang menjadi tempat kaya bahan organik. Semua harus didaur ulang (*recycle*) agar dapat digunakan lagi, hal yang betul-betul dilakukan dalam Sistem Pertanian Terpadu.

Kotoran cair (*sludge*), ganggang, *macrophytes*, sisa prosesing dan panen dimasukan kantung plastik, disterilkan dengan uap (*steam*) lalu menghasilkan energi biogas, kemudian disuntikan melalui lubang-lubang untuk budidaya jamur yang bernilai ekonomi tinggi. Enzim jamur tidak hanya memecah lignin-selulosa (*ligno-cellulose*) untuk melepaskan kandungan nutrisi, tetapi juga memperkaya residu tersebut sehingga mudah dicernak dan bahkan menjadi makanan yang lebih "lezat" bagi ternak. Sisa residu berserat tetap dapat digunakan untuk kultur cacing tanah, yang kemudian menyediakan makanan dengan protein khusus bagi ayam. Residu akhir, meliputi cacing yang berlimpah, dikomposkan dan dimanfaatkan untuk perbaikan kelembaban dan aerasi tanah.

Kesimpulan

Tidak ada keraguan sama sekali dari semua manfaat yang diberikan kepada petani kecil, petani medium atau petani besar dari Sistem Pertanian Terpadu (SPT), melalui daur ulang sampah tak terpakai sebagai sumber daya dapat diperbaharui, menyediakan bahan-bahan penting seperti pupuk, makanan ikan dan ternak serta bahan bakar yang dapat membuat bertani beraktivitas secara ekonomis dan berkelanjutan secara ekologis. Dengan mengabaikan konsep SPT, oleh karena ketidak-tahuan penjahat atau prasangka buruk, petani akan tetap miskin dan dirampas semua keuntungannya yang merupakan hak asasi dari setiap orang baik pria maupun wanita, anak-anak di muka bumi ini, yang mempunyai sumber daya yang cukup untuk semua orang, sekarang dan untuk generasi masa depan.



Gambar 6. Lahan Tanaman dan Perikanan

Persyaratan Tanaman Organik

Definisi pertanian organik menurut *Florida Organik Certification Program* adalah: *"sistem produksi pangan yang didasarkan pada metode dan praktek pengelolaan lahan pertanian dengan pemanfaatan rotasi tanaman, recycling sampah organik, aplikasi mineral alami untuk menjaga kesuburan tanah, dan jika perlu pengendalian jasad pengganggu pun secara biologi"*. Menurut Budianto (2002): *"pertanian organik merupakan cara memproduksi bahan pangan dengan menggunakan bahan-bahan alami baik yang diberikan melalui tanah maupun secara langsung kepada tanaman dan hewan"*.

Tidak semua tanaman jenis tanaman dapat ditanam sebagai tanaman organik. Di Amerika, beberapa lahan pertanian sudah disertifikasi untuk tanaman organik. Di negara bagian selatan dan barat Amerika misalnya, jeruk menjadi komoditas buah organik. Di negara bagian tengah (pusat) lebih banyak sayur-sayuran dan buah-buahan yang dibudidayakan secara organik.

Beberapa persyaratan tanaman yang akan ditanam dalam sistem pertanian organik, antara lain:

1. Mempunyai nilai ekonomis tinggi:

Sebenarnya keputusan pemilihan tanaman organik merupakan keputusan ekonomis dan sangat personal. Selain itu pangsa pasar (*market acceptability*) menjadi salah satu alasan untuk memutuskan tanaman apa yang akan ditanam. Berdasarkan pangsa pasar yang ada saat ini dan potensi ekspornya, komoditas

perkebunan yang mempunyai prospek untuk dibudidayakan secara organik di Indonesia adalah: *tanaman rempah* (lada, panili, kapulaga, kayu manis dan pala), *tanaman obat* (jahe), *tanaman minyak atsiri* (nilam dan serai wangi), serta tanaman perkebunan lain seperti jambu mente, kelapa, mlinjo.

2. Kesesuaian antara tanaman dengan jenis tanah dan kondisi lingkungan:

Tanah-tanah ideal untuk menumbuhkan sayuran organik adalah drainase baik, kedalaman tanah cukup dan mempunyai kandungan bahan organik yang relatif tinggi. Pada tanah-tanah berpasir di Florida, penambahan mulsa dan kompos selama 3 tahun atau lebih dapat menghasilkan produksi tanaman organik yang baik.

Upaya pengembangan pertanian organik di Indonesia memerlukan lahan yang memiliki karakteristik tertentu, yaitu terbebas dari zat kimia buatan pabrik yang berasal dari pupuk buatan, pestisida serta bahan-bahan lain seperti *soil conditioner* dan *amelioran*. Berdasarkan persyaratan teknis tersebut, maka sebagian besar lahan pertanian yang ada saat ini kurang sesuai dan tidak dapat digunakan untuk mengembangkan pertanian organik. Badan Litbang Pertanian sedang menyusun peta perwilayahan komoditas pertanian unggulan nasional, yang diharapkan dapat bermanfaat untuk upaya pemilihan lokasi usaha tani, termasuk pertanian organik.

3. Tahan terhadap hama dan penyakit tanaman:

Penggunaan tanaman yang mempunyai ketahanan terhadap penyakit merupakan salah satu metode pengelolaan jasad pengganggu yang paling efektif dan ekonomis.

BAB IV

PENGATURAN POLA TANAM

Sistem usaha tani harus direncanakan dan disusun sesuai dengan kebutuhan unsur hara dan selanjutnya akan membantu dalam mempertahankan produktivitas tanah. Akan tetapi sistem pertanaman campuran tidak selalu cocok untuk diterapkan pada semua kondisi. Model pola tanam yang bisa mendukung pertanian organik antara lain:

Budidaya Lorong (*Alley Cropping/Hedgerow Intercropping*)

Budidaya lorong atau dikenal sebagai sistem pertanaman lorong merupakan salah satu bentuk wanatani yang memadukan praktek pengelolaan hutan tradisional dan proses daur ulang hara secara alami ke dalam usaha tani yang intensif produktif dan berkelanjutan. Pelaksanaannya mengikuti lorong-lorong (tanaman pangan) yang masing-masing lorong dibatasi tanaman pagar/tegakan, pada umumnya tanaman yang tumbuh cepat (legum).

Banyak penelitian menyimpulkan bahwa budidaya lorong dapat dikembangkan sebagai suatu sistem pertanian berkelanjutan dengan masukan rendah. Beberapa gatra penting budidaya lorong yang bersifat multiguna adalah:

1. Mencegah terjadinya kerusakan tanah akibat erosi permukaan (gatra konservasi).
2. Mempertahankan dan meningkatkan kesuburan tanah (gatra kesuburan).
3. Tanaman pagar (legum) dapat dimanfaatkan sebagai pupuk hijau, makanan ternak, sayuran, pematah angin, dan penyediaan kayu bakar (gatra multiguna tanaman pagar).
4. Meningkatkan produktivitas tanah.



Gambar 7. Model Praktek Budidaya Lorong

Pemilihan Tamanam Pagar

Banyak jenis pohon dan perdu yang dapat dipakai sebagai tanaman pagar, terutama tanaman legum. Ciri tanaman legum yaitu pertumbuhannya cepat, mudah ditanam dan bersifat multiguna (MPTS = *Multi Purpose Plant Spesies*) sehingga untuk tanaman pagar dalam budidaya lorong jenis tanaman pagar yang dipilih harus memenuhi persyaratan, antara lain:

1. Benih atau bibit mudah didapat di sekitar lokasi .
2. Mudah ditanam dan pertumbuhannya cepat.
3. Memiliki sistem perakaran yang dalam sehingga mampu memanfaatkan hara dari lapisan yang lebih dalam, dan tidak mengganggu perakaran tanaman pokok.
4. Menghasilkan banyak biomasa melalui pemangkasan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pupuk hijau, mulsa, dan hijauan pakan ternak.
5. Tahan terhadap pemangkasan dan mempunyai daya regenerasi dan pertumbuhan kembali yang cepat dan tinggi.
6. Dapat menyediakan nitrogen tanah secara alamiah melalui penyematan N-udara yang merupakan hasil kegiatan mikroorganisme yang bersimbiosis dengan tanaman legum.
7. Menghasilkan bahan sampingan yang sangat bermanfaat bagi petani (sumber kayu, bahan bangunan dan perabot rumah tangga).
8. Apabila sudah tidak digunakan lagi dapat dengan mudah dimusnahkan.

Jenis tanaman legum yang banyak dimanfaatkan untuk budidaya lorong adalah: kaliandra merah (*Caliandra calothyrsus*), kaliandra putih (*Caliandra tetragona*), gamal (*Gliricidia sepium*), lamtoro gung (*Leucaena leucocephala*), flemingia (*Flemingia congesta*), turi (*Sesbania grandiflora*), *Cayanus cajan*, *Dalbergia sisso*, *Desmantus virgatus*, dan *Tephrosia vogelii*. Di antara jenis-jenis di atas yang sering dimanfaatkan adalah lamtoro dan gliricidia.

Dalam pengembangan budidaya lorong tanaman pagar tidak terbatas pada tanaman legum saja tetapi telah berkembang dengan memanfaatkan tanaman yang lebih menguntungkan dan disukai petani serta mempunyai nilai ekonomi, yaitu jenis buah-buahan dan perkebunan. Apabila dipadukan dengan peternakan maka beberapa rumput pakan ternak dapat ditanam sebagai tanaman pagar.

Rumput pada umumnya mempunyai sistem perakaran yang sangat kuat sehingga bermanfaat untuk tujuan konservasi. Jenis rumput yang telah dikembangkan untuk pakan ternak dan umum ditanam, ialah: rumput gajah (*Pennisetum purpureum*), dan rumput guinea (*Panicum maximum*). Di samping terdapat jenis lain yang dapat dimanfaatkan sebagai rempah dan wewangian, antara lain: rumput citronella (*Cymbopogon nardus*, Jowitt), sere wangi (*Cymbopogon citratus*, Stapf), rumput guatemala (*Tripsacum laxum*), dan rumput vetiver

(*Vetiveria zizanoides*). Kelebihan jenis rumput adalah mudah ditanam dan mudah tumbuh. Tetapi pada kondisi kekurangan air akan bersaing dengan tanaman lain dalam penyerapan lengas tanah.

Tanaman pagar, baik permanen atau sementara yang ditanam menurut kontur mempunyai keuntungan lain sebagai pengendali erosi. Jenis tanaman yang ditanam harus sesuai dengan kondisi agroekosistem setempat dan mempertimbangkan kebiasaan petani setempat.

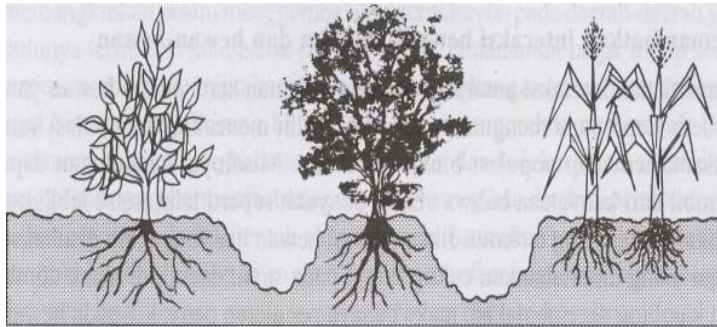
Tanaman pagar harus dipangkas secara periodik, dapat dipakai sebagai pakan ternak, atau mulsa tanaman utama (pangan). Pemangkasan juga berfungsi untuk mengontrol pertumbuhan, karena apabila tidak dilakukan akan berubah sebagai gulma. Beberapa keuntungan lain dari pemangkasan adalah:

1. Pemangkasan mulai dilaksanakan setelah tanaman cukup tinggi dan banyak menghasilkan biomas yang dapat dimanfaatkan.
2. Pemangkasan dapat dilakukan berulang kali menyesuaikan dengan pertumbuhan tanaman.
3. Tanaman pagar harus dipertahankan pada ketinggian tertentu supaya tidak terlalu banyak menaungi tanaman utama, disamping itu harus menyesuaikan dengan daya regenerasi tanaman, karena tanaman tertentu apabila terlalu pendek tidak terjadi regenerasi tetapi malah menjadi mati.
4. Hasil pemangkasan berupa pupuk hijau dapat ditanamkan langsung pada bidang oleh sebelum tanaman utama dipanen.
5. Pemangkasan dapat dilakukan 2-3 kali dalam musim penghujan, sedang musim kemarau sebaiknya tidak dilakukan pemangkasan, kecuali apabila pertumbuhannya cukup baik.

Tanaman Utama

Pada bagian lorong dapat ditanami dengan tanaman semusim (pangan) berumur pendek yang menyesuaikan dengan kebiasaan petani setempat (jagung, kacang tanah, kedelai, padi gogo dan sayuran). Pola pertanaman yang dianjurkan menyesuaikan dengan kondisi iklim, apabila memungkinkan dapat ditanami terus menerus sepanjang tahun. Dapat juga ditanami tanaman-tanaman keras yang mempunyai nilai ekonomis tinggi seperti kopi, jeruk, cokelat, pisang dll. Dengan demikian prinsip keanekaragaman berkembang dalam budidaya lorong.

Teknologi konservasi yang diterapkan oleh adalah: pemulsaan, *cover crop*, pupuk hijau, OTM dan TOT.



Gambar 8. Parit di antara Tanaman Pagar dan Tanaman Budi Daya untuk Menghindari Gangguan pada Akar

Pertanian Sejajar Kontur (*Contour Farming*)

Sistem pertanian yang senada dengan budidaya lorong adalah pertanian sejajar kontur tetapi dalam prakteknya lebih banyak dilaksanakan di lahan miring yang bertujuan untuk mencegah terjadinya erosi. Dalam, penerapannya dilengkapi dengan pembuatan saluran kontur, saluran pengendali aliran, perangkap sedimen, cekdam dan bangunan konservasi lainnya.

Sistem pertanian ini merupakan salah satu model SALT (*Sloping Agriculture Land Technology*), yaitu mengubah lahan miring yang tak produktif menjadi produktif. Teknik ini memberikan kesempatan pada petani untuk meningkatkan kesuburan tanah, konservasi tanah dan air, menekan pertumbuhan hama dan penyakit, menekan ketergantungan pada masukan dari luar usaha tani. Dengan teknologi SALT diharapkan petani dapat meningkatkan pendapatan melalui tanaman semusim /tanaman keras. Beberapa tahapan untuk melaksanakan teknologi SALT:

1. Disiapkan lebih dahulu garis kontur, sepanjang garis ditanami dengan tanaman permanen yang disebut dengan tanaman pagar. Penanaman dilakukan dengan jarak pagar 4-6 m untuk tanah yang kemiringannya $> 15\%$, dan 7-10 m untuk yang lebih landai yaitu ($<15\%$).
2. Penanaman sebanyak dua baris sepanjang garis kontur dengan jenis tanaman legum semak dan pohon. Jarak antara baris sepanjang kontur 50 Cm.
3. Untuk setiap tiga atau empat larikan ditanami tanaman permanen yang mempunyai nilai ekonomis tinggi misalnya, kopi, kakao, jeruk dan lain-lain.

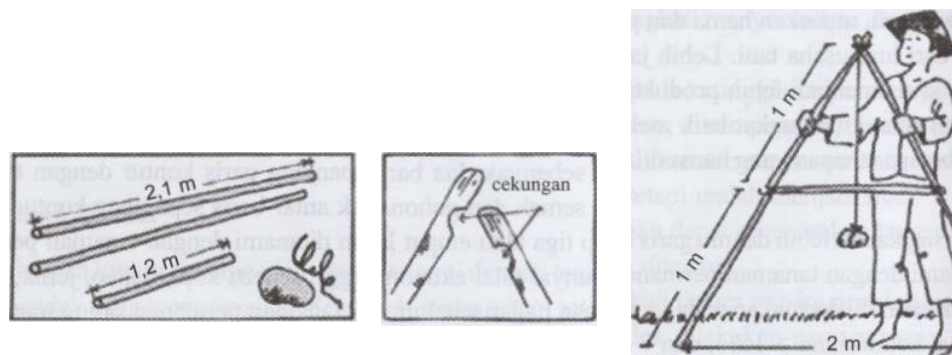
4. Antar tanaman pagar sebelum tajuk tanaman permanen soling menutup diantaranya dapat ditanami tanaman yang disukai petani.
5. Dipilih tanaman yang berumur pendek/sedang seperti, jagung, sorgum, padi gogo, nenas, ketela rambat dll.
6. Pemotongan tanaman pagar sampai ketinggian 1 m dan biomas dikembalikan lagi sebagai sumber bahan organik.
7. Diperlukan rotasi tanaman pada non-permanen untuk mempertahankan kesuburan tanah.
8. Di bagian bawah tanaman pagar diberi penguat seperti tongkat/batu yang disusun berjajar bertujuan unt mengikat/perangkap sedimen yang mengalir dari atas.
9. Teknik ini dapat divariasi dengan memanfaatkan tanaman multiguna dan menyesuaikan dengan kondisi spesifik setempat. Tanaman pagar berupa rumput setiap waktu dapat dipangkas dan dimanfaatkan untuk pakan ternak.

Adapun langkah-langkah pembuatannya sebagai berikut:

Pembuatan Kerangka A

(1) Bahan dan alat yang diperlukan:

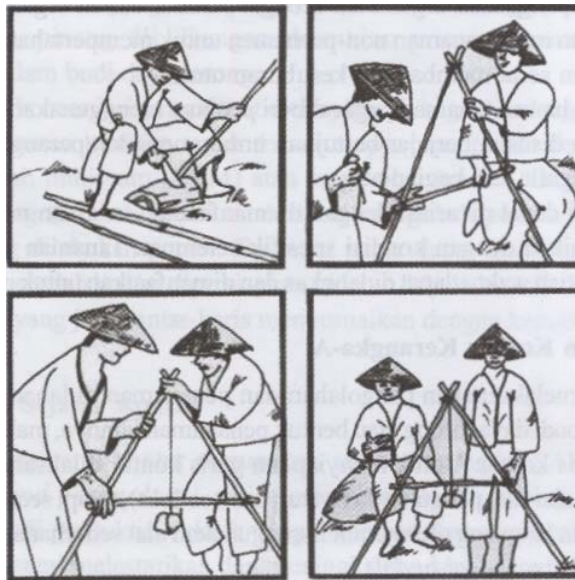
- Tongkat kayu atau bambu sepanjang 2,1 m sebanyak 2 buah dan sebuah berukuran 1,2 m.
- Paku dan tali untuk mengikat tongkat
- Batu sebesar kepalan tangan atau pemberat lainnya.



Gambar 9. Alat dan Bahan Kerangka A dalam Pertanian Sejajar Kontur

(2) Tatacara pembuatan kerangka A:

- Ikat tongkat kayu/bambu yang berukuran 2,1 m bagian ujungnya erat menggunakan tali.
- bagian tengah antara 1 m dari ujung diikat lagi dengan kayu/bambu rukuran 1,2 m sebagai palang bingkai sehingga menyerupai hurup A.
- Ikat batu/pemberat lain menggunakan tali atau benang besar hingga menjadi bandul.
- Gantungkan batu yang telah diikat tali pada puncak kerangka. Panjang tali bandul harus melewati palang kerangka.

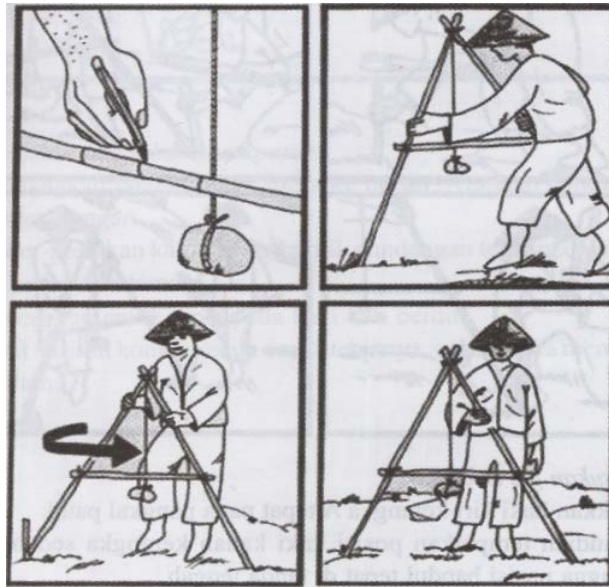


Gambar 10. Cara Pembuatan Kerangka A dalam Pertanian Seजार Kontur

(3). Menentukan titik berat/keseimbangan:

- Peneraan titik berat dengan cara menempatkan kerangka A di tempat yang berbeda tinggi.
- Beri tanda dengan patok masing-masing kaki kerangka A.
- Beri tanda pada tempat persinggungan antara tali dan pemberat pada talang kerangka.
- Tukar posisi kaki kerangka A antara kiri dan kanan dengan memutar kerangka 180°.
- Beri tanda pada persinggungan antara tali bandul dan palang kerangka sebagai tanda kedua.

- Tentukan titik tengah antara kedua tanda persinggungan yang telah dibuat. Tanda titik tengah tersebut adalah titik berat/keseimbangan kerangka A.

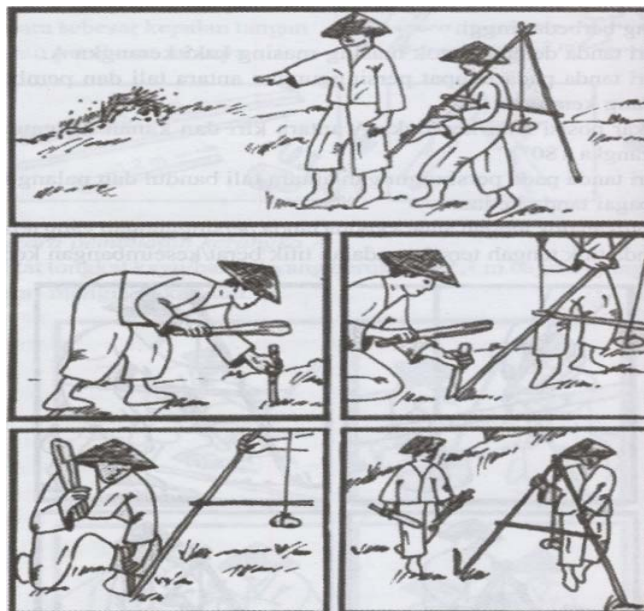


Gambar 11. Cara Menentukan Titik Berat/Keseimbangan Kerangka A

Teknik Pembuatan Kontur dengan Kerangka A

(1) Menentukan Letak Kontur:

- Bawalah kerangka A dan siapkan secukupnya patok ke lahan dibuat konturnya.



Gambar 12. Teknik Pembuatan Kontur dengan Kerangka A

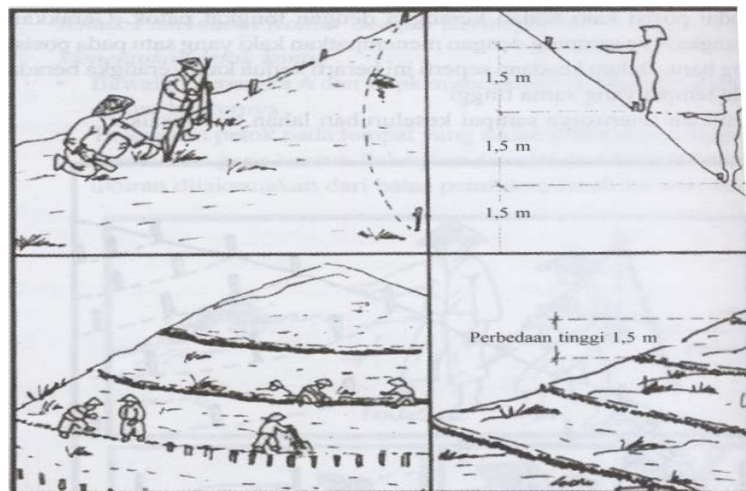
- Tancapkan patok pada tempat yang sudah ditentukan sebagai pembuatan garis kontur. Pekerjaan dimulai dari tempat tertinggi. Pengukuran dilaksanakan dari batas pemilikan tanah ke arah samping.

(2) Menentukan Garis Kontur:

- Letakkan kaki kiri kerangka A tepat pada pangkal patok.
- Kemudian tempatkan posisi kaki kanan kerangka sedemikian sehingga posisi bandul tepat di tanda tengah.
- Tandai posisi kaki kanan kerangka dengan tongkat patok. Gerakkan kerangka A ke samping dengan menempatkan kaki yang satu pada posisi yang baru. Dalam keadaan seperti ini berarti kedua kaki kerangka berada pada tempat yang sama tinggi.
- Demikian seterusnya sampai keseluruhan lahan terselesaikan.

(3). Menentukan Jarak Barisan Kontur:

- Rentangkan tangan tegak lurus ke depan. Arahkan pandangan sejajar lengan tangan
- Geser-geserkan kaki sehingga titik pandangan tepat pada pangkal patok di barisan pertama.
- Tancapkan patok tepat pada kaki kita berdiri.
- Buat barisan kontur kedua dan seterusnya, seperti cara membuat barisan pertama.



Gambar 13. Cara Menentukan Jarak Barisan Kontur

(4) Perhitungan Penentuan Posisi Tanaman:

Perhitungan menentukan posisi tanaman pagar pada budi daya lorong. Rumus sederhana lain yang dikemukakan oleh Arsyad (1988) menentukan posisi garis kontur dan sekaligus menentukan posisi pagar dan lebar bidang olah antar-tanaman pagar.

$$W = 33 - (S - 10)$$

Keterangan: W = lebar antar-garis kontur, S = kemiringan tanah (%)

Rumus lain yang dapat digunakan untuk menentukan posisi tanaman pagar dikemukakan oleh Sukmana *et al.*, (1990).

$$V_I = 0,125 + 0,3$$

$$H_I = V_I / S \times 100$$

Keterangan: V interval vertikal

H interval horisontal

S kemiringan lereng dalam

Wanatani/Hutan Tani/Agroforestry

Wanatani diartikan sebagai sistem penggunaan lahan yang terutama memadukan antara tanaman pangan berumur pendek dengan tanaman pohon, semak atau rumput makanan ternak. Contoh teknologi yang sudah memasyarakat antara lain; pertanian sejajar kontur, budidaya lorong, tumpangsari (*Taungnya*), teknologi lahan miring, teknik konservasi air, peternakan dan usaha tani terpadu yang memanfaatkan tanaman multiguna.

Salah satu komponen wanatani adalah hutan kemasyarakatan, di mana disini melibatkan masyarakat/petani sekitar untuk ikut menanam dan memelihara tanaman utama. Di samping itu selama tanaman masih muda dan tajuk tanaman belum saling menutupi petani dapat menanam diantara tanaman pokok dengan tanaman semusim yang biasa ditanam petani setempat. Sistem yang sudah berkembang adalah sistem tumpangsari tanaman jati di lahan milik perhutani. Model ini dapat dikembangkan di lahan milik perusahaan perkebunan dan HTI yang banyak tersebar di luar pulau Jawa. Wanatani dan model hutan kemasyarakatan ini

perlu dikembangkan untuk memantapkan lingkungan, termasuk juga kebutuhan setempat berupa pangan, pelestarian hutan dan memenuhi kebutuhan kayu.

Kriteria pemilihan jenis pohon berumur panjang yang sesuai untuk pengembangan hutan desa berskala kecil adalah: (1) sumber kayu untuk bangunan dan peralatan rumah tangga, (2) mudah beradaptasi dengan kondisi lingkungan setempat, (3) pertumbuhannya berkelanjutan, (4) mendatangkan tambahan pendapatan petani, (5) awal pertumbuhannya tahan terhadap naungan, dan (6) sesuai dengan selera dan pengalaman petani.

Beberapa contoh jenis tanaman pohon dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah. Kriteria pemilihan Jenis tanaman pohon yang tumbuh cepat adalah: (1) pertumbuhan cepat, (2) dapat menyediakan kayu bakar, bahan bangunan, pakan ternak atau sebagai bahan pangan lain, (3) dapat meningkatkan pendapatan petani, (4) memperbaiki tanah, (5) toleran terhadap kondisi setempat, dan (6) toleran terhadap cekaman kekeringan.

Tabel 6. Jenis Tanaman Pohon yang Tumbuh Cepat dan Bersifat Multiguna

Nama Indonesia	Nama Ilmiah	Pemanfaatan
Air suli	<i>Acacia auriculliformis</i>	Air suli
Mangium	<i>Acacia mangium</i>	KB,BB
Saga	<i>Adenanthera microosperma</i>	KB,PT,BB,PH
Sengon lout	<i>Albizia falcataria</i>	KB,BB,PH
Kaliandra merah	<i>Caliandra calothyrsus</i>	KB,PT,BB,PH
Kaliandra putih	<i>Calliandra tetragonal</i>	KB,PT,BB,PH
Johar	<i>Cassia siamea</i>	KB,BB,PH,SK
Flamboyant	<i>De%nix regia</i>	KB,BB,PH
Gamal	<i>Gliricidia sepium</i>	KB,PT,BB,PH
Waru	<i>Hibiscus tillaceaus</i>	KB,PT,BB,PH
Kelor	<i>Moringa oleifera</i>	KB,PT,BB
Lamtoro	<i>Leucaena diversifolia</i>	KB,PT,BB,PH
Trembesi	<i>Samanea samara</i>	KB,PT,BS,PH,SK
Turi	<i>Sesbania grandif/ora</i>	KB,PT,BB,PH
Jayanti	<i>Sesbania sesban</i>	KB,PT,BB

KB= kayu bakar, PT = pakan ternak, BB = bahan bangunan, PH = pupuk hi jau, SK = sumber kayu

Tabel 7. Jenis Tanaman Pohon Berumur Sedang

Nama Indonesia	Nama Ilmiah	Pemanfaatan
Jambu mete	<i>Ascardium occidentale</i>	SP,KB
Sirsak	<i>Annona muricata</i>	SP,KB
Pinang	<i>Areca catechu</i>	SP,BB
Sukun	<i>Artocarpus communis</i>	SP,KB,BB
Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	SP,KB,BB,SK
Belimbing	<i>Averrhoa bilimbi</i>	SP
Kemiri	<i>Aleurites molluscana</i>	SP,KB,BB
Bambu	<i>Sambusa sp</i>	SP,BB,SK
Kenit	<i>Chrysophyllum cainito</i>	SP,KB,BB
Kayu manis	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	SP
Kelapa	<i>Cocos nucifera</i>	SP,BB,SK
Kopi	<i>Coffea sp</i>	SP
Durian	<i>Durio zibethinus</i>	SP
Melinjo	<i>Gnetum gnemon</i>	SP,KB,PT
Mangga	<i>Mangifera indica</i>	SP
Sawo	<i>Manilkara zapota</i>	SP
Kelor	<i>Moringa oleifera</i>	SP,PT,PH
Pisang	<i>Musa sp</i>	SP,PT
Markisa	<i>Passiflora edulis</i>	SP
Apokat	<i>Persea Americana</i>	SP
Merica/lada	<i>Piper nigrum</i>	SP
Sirih	<i>Piper betel</i>	SP
Jambu biji	<i>Psidium guajava</i>	SP,KB,SK
Kecapi	<i>Sandoricum koetjape</i>	SP
Duwet	<i>Syzygium cumini</i>	SP,KB,SK
Asam jawa	<i>Tamarindus indica</i>	SP,KB,PH,SK
Kakao	<i>Theobroma cacao</i>	SP

SP = sumber pangan KB= kayu bakar, PT = pakan ternak, BB = bahan bangunan, PH = pupuk hijau, SK = sumber kayu

Tabel 8. Jenis Tanaman Pohon yang Berumur Panjang

Nama Indonesia	Nama Ilmiah	Pemanfaatan
Jambu mete	<i>Anacardium occidentale</i>	SP,KB
Nimba	<i>Azadirachta indica</i>	KB,BB,PH,SK
Cemara	<i>Casuarina equisetifolia</i>	KB,BB,SK
Kayu manis	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	SP,KB,BB,PH,SK
Johar	<i>Cassia siamea</i>	KB,BB,SK
Sono keling	<i>Dalbergia sisoo</i>	KB,PT,BB,SK
Gmelin	<i>Glomelia arborea</i>	KB,PT,SB,SK
Mindi	<i>Melia azadirachta</i>	KB,BB,SK
Sono kembang	<i>Pterocarpus indicus</i>	BB,SK
Cendana	<i>Santalum album</i>	BB,SK
Mahoni	<i>Swietenia macrophylla</i>	BB,SK
Jati	<i>Tectonia grandis</i>	BB,SK,KB

SP = sumber pangan KB= kayu bakar, PT = pakan ternak, BB = bahan bangunan, PH = pupuk hijau, SK = sumber kayu

Kriteria pemilihan jenis tanaman pohon yang berumur sedang, adalah: (1) mudah beradaptasi dengan lingkungan, (2) multiguna, dapat menyediakan kayu bakar, bahan bangunan, pakan ternak atau sebagai bahan pangan lain, (3) dapat meningkatkan pendapatan petani, (4) pertumbuhan dan hasil berkesinambungan (5) toleran terhadap naungan, dan (6) sesuai dengan selera petani.

Kriteria pemilihan jenis tanaman pohon yang berumur panjang adalah: (1) sumber kayu, (2) mudah beradaptasi dengan kondisi setempat, (3) dapat meningkatkan pendapatan petani, (4) pertumbuhan dan hasil berkelanjutan, (5) awal pertumbuhan toleran terhadap naungan, dan (6) sesuai dengan selera petani.

Sistem Pertanaman Campuran dan Rotasi (Pergiliran) Tanaman

Pertanaman campuran merupakan sistem pertanaman yang menanam lebih dari satu jenis tanaman pada satu petak dalam musim tanam yang lama. Pertanaman campuran ini komposisinya sangat beraneka tergantung pada petani. Pertanaman campuran merupakan sistem pertanaman tradisional yang sudah sering dilakukan petani berskala kecil. Sistem ini biasanya dikenal dengan tumpangsari/tumpang gilir, dimana dapat diterapkan pada lahan sawah/lahan kering.

Pada awalnya hanya diterapkan untuk tanaman semusim saja, tetapi dalam perkembangannya dikombinasikan juga dengan tanaman keras/pohon. Beberapa keuntungan dari sistem pertanaman campuran ini adalah:

1. Pada luas pengelolaan yang sama, pertanaman campuran mempunyai produktivitas lahan persatuan luas lebih besar dari pertanaman tunggal, jika ditinjau dari hasil panen per satuan luas. Perbedaan ini disebabkan karena salah satu atau kombinasi dari: pertumbuhan yang lebih baik, pertumbuhan gulma terhambat, HPT ditekan, lebih efisien dalam memanfaatkan air, sinar dan hara yang tersedia.
2. Apabila beberapa jenis tanaman ditanam bersamaan, maka kegagalan salah satu tanaman dapat dikompensasi oleh tanaman yang lain sehingga resiko kegagalan panen dapat ditekan seminimal mungkin.
3. Pertanaman campuran yang memanfaatkan tanaman keras dan rerumputan dapat menekan erosi karena penutupan yang lebih baik, pemanfaatan ruang tumbuh lebih baik untuk perakaran dan pertumbuhan kanopi, daur hara dan air berjalan

baik sehingga dapat menyangga kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan misalnya kekeringan, serangan hama dan penyakit.

Sistem Pertanaman Surjan

Sistem pertanaman surjan merupakan sistem tradisional yang banyak dikembangkan pada lahan yang mempunyai kendala biofisik yaitu lahan yang selalu tertimpa banjir atau tergenang permanen, sehingga petani tidak melakukan usaha taninya. Sistem ini sesuai dikembangkan pula pada wilayah-wilayah pasang surut, dataran banjir permanen, lahan gambut dan bergambut.

Melalui sistem surjan ini lingkungan tanah dapat diperbaiki sehingga produktivitasnya meningkat. Sistem ini memenuhi tiga prinsip dasar meningkatkan ketersediaan pangan:

1. Memperluas areal yang dapat ditanami untuk tanaman pangan.
2. Meningkatkan hasil tanaman per satuan luas.
3. Meningkatkan jumlah tanaman yang dapat ditanam untuk setiap tahunnya.

Pada lahan yang tinggi, pengatusannya dapat diperbaiki sehingga tanaman selain padi dapat diusahakan, dan pada bagian alur yang tergenang dapat dimanfaatkan sebagai sawah sepanjang tahun, bahkan dikembangkan untuk usaha perikanan (mina padi).

Cara Membuat Surjan

1. Kondisi tanah dibuat sedemikian rupa dengan cara membuat larikan-larikan secara berselang-seling antara guludan dan alur.
2. Lebar guludan dan alur bervariasi sesuai dengan kondisi setempat (ketinggian genangan) dan selera petani.
3. Bagian guludan atau tanah yang ditinggikan ditanami jenis tanaman semusim yang tidak tahan genangan air seperti: sayuran, palawija dan buah-buahan, sedang bagian alur yang tergenang ditanami padi yang dikombinasi dengan mina padi.

Kelebihan Sistem Surjan

1. melalui sistem surjan tani subsisten dapat memenuhi sendiri kebutuhan pangannya dengan cara menanam bermacam-macam tanaman di lahan yang terbatas yang sebelumnya hanya ditanami padi sawah saja.
2. Dengan memperhatikan jadwal tanaman dan pemiliha jenis tanaman yang baik, maka sistem ini secara kesinambungan menyediakan sayuran segar pada bagian guludan, beras dan ikan pada bagian alur.
3. Pada periode diluar musim tanam beberapa tanaman yang mempunyai nilai ekonomis dapat dipasarkan untuk menambah pendapatan petani.
4. Sistem surjan memberikan kesempatan pada petani secara optimal untuk memanfaatkan lahan, sumber daya manusia, dan sumber daya lainnya serta pendapatan yang berkesinambungan.
5. Menanam bermacam-macam tanaman pada waktu yang berbeda dapat menekan terjadinya ledakan hama dan penyakit.
6. Bagian guludan yang lebih tinggi sekaligus sebagai pelindung tanaman padi dari terpaan angin yang besar yang dapat menyebabkan tanaman menjadi rebah.

Kelemahan Sistem Surjan

1. Memerlukan tenaga yang lebih banyak dari sistem tradisional.
2. Tenaga diperlukan sepanjang tahun, terutama pada awal konstruksi pembuatan surjan yang terdiri atas guludan dan alur memerlukan tenaga, waktu dan biaya yang banyak.
3. Diperlukan pengelolaan usaha tani yang baik karena menyangkut bermacam-macam tanaman dan jadwal tanaman yang terus menerus sepanjang tahun.



Gambar 14. Contoh Lahan Untuk Pengembangan Sistem Surjan

Intensifikasi Pekarangan

Pekarangan atau kebun yang banyak di jumpai merupakan sistem wanatani tradisional yang tetap bertahan sesuai budaya dan kondisi ekosistem setempat. Intensifikasi konvensional memerlukan ketergantungan yang tinggi terhadap masukan dari luar antara lain; benih, pupuk kimia, pestisida dan kebutuhan lainnya. Keberhasilan intensifikasi pekarangan konvensional sangat tergantung pada penyediaan masukan dari luar usaha tani.

Pendekatan intensifikasi alami berbeda sekali dengan intensifikasi pekarangan penyiapan petak pertanaman dengan pengolahan tanah, daur ulang hara, membangun kesuburan tanah, keanekaragaman pertanaman dan keseimbangan ekosistem terpadu.

Melalui intensifikasi pekarangan alami bahan organik didaur ulang dengan cara dikembalikan ke tanah dalam bentuk kompos dan pendekatan lain juga menghindarkan pemakaian pestisida buatan pabrik. Keanekaragaman jenis tanaman yang ditanam mampu mengendalikan serangan hama dan penyakit tanaman, lebih jauh semua bentuk formula organik dapat dibuat dengan mengandalkan bahan-bahan yang tersedia disekeliling, termasuk toga, pestisida hayati, dll. Keberhasilan pekarangan dalam mempertahankan produktivitasnya dapat ditinjau berdasarkan:

- a. Mempertahankan dan meningkatkan hasil tanaman secara berkelanjutan.
- b. Meningkatkan pasokan energi dari sumber daya lokal misalnya kayu bakar.
- c. Menghasilkan beranekaragam bahan yang dapat dipakai untuk kebutuhan sehari-hari atau di jual di pasar menambah pendapatan.

- d. Perlindungan dan sekaligus meningkatkan kualitas lingkungan, terutama air, flora dan fauna.
- e. Meningkatkan kondisi sosial ekonomi petani.

Pembuatan Petak Pertanaman

Merupakan tahap awal yang dilakukan dengan cara mencampur dan menggemburkan tanah sedalam 30-60 Cm, dengan tujuan memperbaiki aerasi, daya ikat air, sehingga kondisi biota meningkat. Di permukaan dapat diberi mulsa jerami atau rerumputan untuk mengurangi pemadatan tanah.

Pemberian Pupuk Organik dan Bahan Pembenam Tanah Lain

Pada saat pembuatan petak pertanaman perlu diberikan pupuk organik dengan tujuan memperbaiki sifat fisik tanah, menyediakan hara dan meningkatkan kegiatan mikroba tanah.

Sejumlah kompos perlu diberikan pada petak pertanaman. Sejak petak dibuat diperlukan $0,75 \text{ m}^3$ setiap 10 m^2 , atau secara kasar setebal 7,5 cm apabila disebar merata di permukaan tanah. Pada musim tanam berikutnya cukup $0,25 \text{ m}^3$ atau setebal 2,5 cm. Pada galian sedalam 60 cm dapat juga diberikan abu bakaran, kulit telur, sisa pakan ikan, daun lamtoro, tepung tulang dan kompos yang dicampur dengan tanah permukaan sedalam 15 cm sebelum benih ditanam. Pupuk cair dapat diberikan setiap 4 hari sekali terutama pada musim hujan karena banyak hara yang terlindi. Pupuk cair dapat berasal dari daun tanaman legum, atau pupuk kandang yang difermentasi dengan air.

Penanaman Secara Intensif

Komposisi pemanfaatan ruang untuk ditanami tergantung pada jenis tanaman, pergiliran tanaman dan pertanaman campuran yang dilaksanakan. Jarak tanam dekat dianjurkan, karena tajuk tanaman yang rapat dapat menutupi permukaan tanah dari terik matahari sehingga evaporasi kecil.

Pengendalian Hama dan Penyakit

Penyiapan tanah yang baik dapat mengendalikan serangan hama. Varietas lokal yang sudah sesuai dengan kondisi setempat diusahakan dan dikembangkan

karena mereka relatif tahan terhadap serangan hama dan penyakit. Pertanaman berbagai jenis tanaman dapat mengendalikan hama, aroma tertentu dari tanaman liar atau budidaya seperti bawang putih, bawang merah dapat mengusir hama. Apabila hama masih bertahan maka dapat dibuat formula pestisida alami yang bahan-bahannya sudah tersedia.

Konservasi Sumber Daya Genetik

Intensifikasi pekarangan menekankan pada penggunaan bermacam-macam jenis sayuran dan tanaman lain varietas lokal. Idealnya pekarangan harus menggunakan 60-70% benih atau bibit varietas lokal. Strategi ini tidak hanya bertujuan mengendalikan serangan hama tetapi juga merupakan nilai kearifan yang perlu dipertahankan untuk generasi yang akan datang. Usaha pelestarian ini tidak hanya dari bank benih saja, tetapi juga dari budidaya yang diterapkan petani. Melalui tanaman mereka ikut ambil bagian dalam usaha pelestarian kearifan tradisional.

Penggunaan Bahan-Bahan yang Tersedia Lokal

Intensifikasi pekarangan secara hayati berusaha menekan ketergantungan petani pada masukan teknologi modern yang relatif mahal. Pupuk dan pestisida dianjurkan dari limbah atau biomas yang tersedia di sekitarnya. Demikian juga benih varietas lokal dianjurkan daripada varietas hibrida yang berharga mahal.

Penggunaan Tenaga intensif daripada Modal Intensif

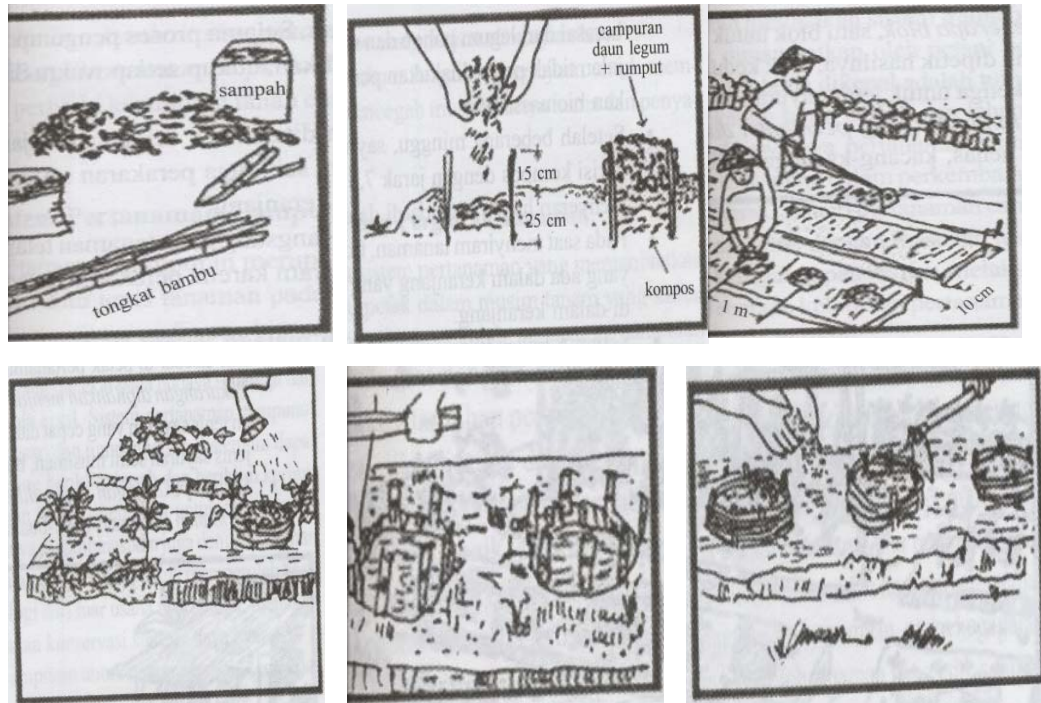
Intensifikasi pekarangan merupakan kegiatan pertanaman yang memerlukan lebih banyak tenaga kerja terutama pada awal persiapan, sehingga sistem ini sesuai untuk kegiatan rumah tangga berskala kecil. Program ini dapat dikembangkan untuk program yang berhubungan dengan pengentasan kemiskinan yang pada umumnya tidak mempunyai modal yang banyak tetapi mempunyai tenaga kerja yang banyak.

Langkah-langkah Intensifikasi Pekarangan

1. Memilih lokasi yang tepat dengan memperhatikan hal-hal berikut:

- Kemudahan dan dekat dengan sumber air untuk menyirami tanaman.
- Tanah mempunyai pengatusan dan kesuburan yang baik.
- Sinar matahari cukup.

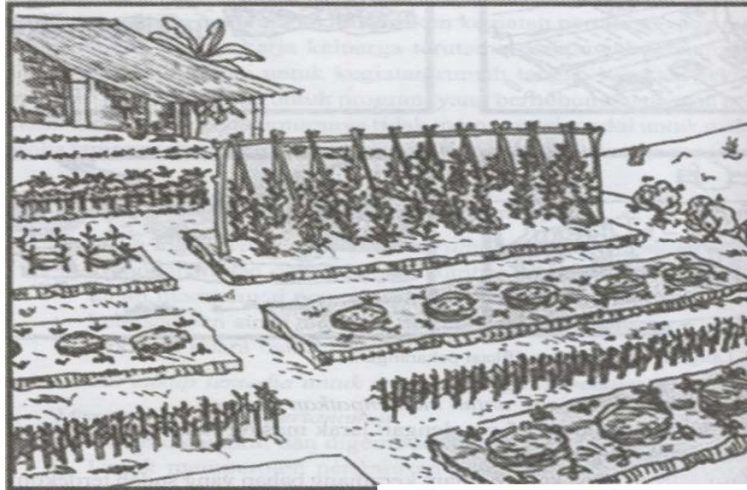
- Sirkulasi udara baik.
2. Lahan cukup tersedia untuk mengembangkan pekarangan.
 3. Menyiapkan petak pertanaman dengan jalan ; mencangkul tanah sedalam 15-30 cm, untuk mendapat pengatusan yang baik petak ditinggikan dengan pelapisan tanah setinggi 10-15 cm dari permukaan asli tanah.



Gambar 15. Langkah-Langkah Intensifikasi Pekarangan

4. Membenamkan keranjang untuk menempatkan kompos dengan jalan:
 - Membuat lubang sedalam 15 cm dengan jarak 1 m kemudian tanam keranjang kompos.
 - Masukkan ke dalam keranjang kompos/pupuk kandang, kemudian rumput, gulma, daun tanaman legum dan semak. Selama proses pengomposan tak perlu dibalik cukup setiap waktu ditambah biomasnya.
 - Setelah beberapa minggu sayuran ditanam disekitar keranjang kompos dengan jarak 7,5 cm, sehingga perakaran dapat menyerap hara disekitar keranjang kompos.
 - Pada saat penyiraman tidak langsung pada tanaman tetapi pada keranjang karena perakaran tanaman ada di dalam keranjang.

- Setiap 6 bulan kompos yang sudah matang diambil dan disebar ke petak pertanaman.
- Pekarangan dibagi menjadi beberapa blok misalnya satu blok untuk sayuran yang rutin dipetik, blok kedua sayuran semi musiman dan blok ketiga sayuran musiman.



Gambar 16. Sketsa Intensifikasi Pekarangan

- Di sekitar pekarangan ditanami tanaman keras/pohon baik yang permanen atau semi permanen seperti buah-buahan, nenas, kacang-kacangan dll.
- Pergiliran tanaman perlu dilakukan.

BAB V

PUPUK ORGANIK

Pupuk organik merupakan kunci dalam pengelolaan tanah berkelanjutan sistem pertanian organik. Sumber pupuk, dalam praktek-praktek pertanian berkelanjutan dapat diperoleh dari kegiatan rotasi tanaman, tanaman penutup tanah, pupuk hijau, pengapuran, dan bahan alami lainnya; atau penggunaan pupuk serta bahan pembenah tanah ramah lingkungan.

Dalam sistem pertanian organik, pupuk organik yang sering digunakan adalah berupa kotoran ternak yang dikenal dengan pupuk kandang; biasanya diaplikasikan ke lahan baik dalam kondisi segar/kering ataupun setelah menjadi kompos. Berikut ini akan diuraikan manfaat dan kerugian penggunaan pupuk kotoran ternak terutama pupuk kotoran ternak segar, sekaligus sebagai persyaratan aplikasi pupuk organik ke lahan pertanian

Masalah dan Solusi Penggunaan Pupuk Kotoran Ternak dalam Bentuk Segar (Mentah) sebagai Persyaratan Penggunaan

Kotoran ternak segar merupakan sumber pupuk alami untuk produksi tanaman organik yang paling baik. Bahan ini menyuplai bahan organik dan unsur hara, serta merangsang proses biologi di dalam tanah yang membantu membangun kesuburan tanah. Namun dalam aplikasinya ada beberapa hal yang perlu mendapatkan perhatian yang berhubungan dengan kualitas produk, kontaminasi, ketidak-seimbangan kesuburan tanah, masalah gulma dan bahaya polusi.

Kontaminasi

Beberapa pupuk alam mungkin mengandung hormon-hormon residual, antibiotik, pestisida, organisme penyakit, dan zat-zat yang tidak diinginkan. Bila senyawa-senyawa ini dapat dieleminasi melalui pengomposan aerobik pada temperatur tinggi, maka praktek penggunaan bahan ini direkomendasikan pada level di mana kontaminan organik berada dalam jumlah minimum. Peringatan ini disarankan berdasarkan hasil penelitian bahwa bakteri *Salmonella* dan *E. coli* ditemukan pada saat proses pengomposan. Kemungkinan penyebaran penyakit kepada manusia telah mematahkan semangat penggunaan pupuk alami segar

(demikian juga kompos) yang diaplikasikan sebelum tanam atau saat tanam pada tanaman sayur-sayuran, terutama tanaman yang biasanya dikonsumsi bagian vegetatifnya.

Beberapa hal yang disarankan kepada petani terkait dengan penggunaan pupuk alam segar atau masih mentah adalah :

1. Mengaplikasikan pupuk kotoran hewan paling sedikit sebelum panen tanaman sayuran yang akan dimakan tanpa dimasak. Jika memungkinkan, hindari pemupukan setelah tanam. Disarankan pemberian dengan cara disebar.
2. Jangan menggunakan pupuk kotoran anjing, kucing, atau babi dalam bentuk segar atau kompos. Spesies ini mengandung banyak parasit bagi manusia.
3. Cucilah seluruh produk yang digunakan sebagai pupuk yang diambil dari lahan sebelum digunakan. Beberapa orang (anak-anak, orang tua yang tidak memiliki sistem kekebalan tubuh) terutama yang peka terhadap penyakit yang terbawa dalam makanan seharusnya menghindari produk yang tidak dimasak. Sehingga kadang-kadang produk organik yang berasal dari pupuk kotoran hewan ini lebih berbahaya daripada produk pangan lainnya yang beredar di pasaran. Hal ini suatu tantangan bagi petani-petani organik.

Temuan-temuan ini memberikan peringatan pada industri pertanian organik dan untuk selalu melakukan kontrol terhadap kerusakan produk organik, meskipun kenyataannya bahwa pernyataan ini belum dibuktikan secara ilmiah.

Tidak seperti halnya petani konvensional, yang hanya mempunyai pedoman yang aman mengenai penggunaan pupuk, petani organik yang disertifikasi harus mengikuti protokoler yang ketat. Pupuk mentah tidak boleh diaplikasikan untuk tanaman pangan dalam waktu 120 hari dari panen di mana bagian yang dikonsumsi berada dalam kontak dengan tanah (misalnya sayuran, stroberi dll). Pupuk mentah juga tidak boleh diaplikasikan untuk tanaman pangan dalam waktu 90 hari dari panen di mana bagian yang dikonsumsi tidak kontak dengan tanah (misalnya tanaman biji-bijian, pohon buah-buahan). Persyaratan ini tidak berlaku untuk tanaman pakan ternak dan serat.

Zat organik bukan hanya merupakan kontaminan yang ditemukan dalam pupuk kotoran ternak. Logam-logam berat dapat menjadi masalah, terutama bila sistem produksi skala industri digunakan.

Kualitas Produk

Telah diketahui bahwa penggunaan pupuk mentah yang tidak tepat dapat berpengaruh negatif terhadap kualitas tanaman sayuran seperti kentang, mentimun, wortel, lobak, kubis, brokoli dll. Pada saat terjadi penguraian dalam tanah, pupuk tersebut melepaskan senyawa kimia seperti *skatol*, *indol* dan senyawa *fenol* lainnya. Bila diserap oleh tanaman yang sedang tumbuh, senyawa-senyawa ini dapat memberikan bau busuk dan rasa yang tidak enak pada tanaman sayuran. Oleh karena itu, pupuk mentah seharusnya jangan diaplikasikan secara langsung pada tanaman sayuran, melainkan disebar langsung pada tanaman penutup tanah yang ditanam sebelum musim tanam.

Ketidak-seimbangan Kesuburan Tanah

Penggunaan Pupuk organik mentah sering kali menyebabkan ketidak-seimbangan kesuburan tanah. Ada beberapa faktor penyebabnya, yaitu:

1. Pupuk tersebut seringkali kaya unsur hara tertentu seperti fosfat atau kalium. Sementara unsur hara ini sangat bermanfaat bagi tanaman. Aplikasi berulang-ulang pupuk alam dapat mengakibatkan terciptanya kandungan hara tertentu yang berlebihan dan dapat merusak tanaman. Sebagai contoh kelebihan P dapat mengganggu serapan hara lainnya seperti Cu dan Zn, dan kelebihan K dapat mengganggu serapan B, Mn, dan Mg.
2. Pemberian pupuk alami secara terus menerus cenderung mengasamkan tanah. Ketika pupuk alam tersebut terurai akan melepaskan berbagai senyawa organik yang dapat membantu meningkatkan ketersediaan mineral tanah. Namun di lain pihak proses ini dapat menurunkan kandungan Ca dan menyebabkan pH tanah menurun di bawah optimum untuk pertumbuhan tanaman pada umumnya. Walaupun pupuk alam juga menyuplai Ca, tetapi tidak cukup untuk mengatasi kecenderungan peningkatan kemasaman tanah. Kecuali bila dalam aplikasi pupuk alam tersebut disertai pengapuran.
3. Ketika pupuk segar mengandung sejumlah besar N dan garam-garam diaplikasikan pada tanaman, maka dapat mempunyai pengaruh yang sama seperti halnya aplikasi berlebihan pupuk komersial mudah larut. Efeknya dapat menyebabkan terbakarnya akar-akar bibit tanaman yang sedang tumbuh, mengurangi ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit dan

memperpendek masa ketegaran hidupnya. Kelebihan garam sering disebabkan oleh aplikasi pupuk alam yang berasal dari ternak yang dirangsum dengan makanan yang mengandung garam atau mentah yang ditanam pada daerah dengan tingkat pencucian rendah.

Untuk mencegah ketidak-seimbangan yang disebabkan oleh pupuk organik, kita harus memonitor kesuburan tanah secara kontinyu, menggunakan uji tanah yang tepat. Selanjutnya aplikasi kapur atau pupuk suplemen lainnya dan bahan pembenah tanah untuk menjamin keseimbangan tanah atau membatasi pemakaian hanya saat diperlukan saja.

Pemahaman tentang kebutuhan tanah hanyalah bagian dari solusi kendala pertanian organik. Kita harus mengetahui kandungan hara dari pupuk yang diaplikasikan. Nilai pupuk standar seharusnya digunakan hanya untuk perkiraan kasar saja. Kandungan hara yang lebih teliti dari pupuk kotoran ternak tidak hanya tergantung pada spesies ternak, tetapi juga pada rangsum makanan ternak, jenis alas kandang yang digunakan, jumlah cairan yang ditambahkan, dan cara pengambilan dan penanganan yang diterapkan.

Tabel 9. Perkiraan Kandungan NPK dari Berbagai Pupuk Kotoran Hewan

Hewan	% Nitrogen	% Asam Fosfat	% Kalium
Sapi perah	0.57	0.23	0.62
Sapi daging	0.73	0.48	0.55
Kuda	0.73	0.25	0.77
Babi	0.49	0.34	0.47
Domba	1.44	0.50	1.21
Kelinci	2.40	1.40	0.60
Ayam	1.00	0.80	0.39

Diadopsi dari Arnon, 1998. *Fertilizer values of some manure*. Countryside dan Small Stock J. P.75

Masalah Gulma

Penggunaan pupuk mentah (segar) seringkali berkaitan dengan meningkatnya gulma. Beberapa pupuk organik segar mengandung benih gulma, seringkali dari bahan alas kandang seperti jerami yang mengandung biji kecil dan rumput tua. Pengomposan secara aerob pada temperatur tinggi dapat sangat mengurangi jumlah biji-biji gulma yang *viable* (dapat hidup). Namun dalam banyak kasus, pertumbuhan gulma yang subur menyertai pemupukan tidak berasal dari biji

gulma dalam pupuk, tetapi dari pengaruh rangsangan dari pupuk tersebut terhadap biji-biji gulma yang ada dalam tanah. Perkembangan pesat dari gulma tersebut mungkin akibat meningkatnya aktivitas biologi, adanya asam organik, kelebihan nitrat, atau beberapa perubahan lain dalam status kesuburan tanah. Namun masalah yang berhubungan dengan ketidak-seimbang kesuburan, bergantung pada spesies gulma yang muncul. Kelebihan Kalium dan Nitrogen dapat merangsang pertumbuhan gulma. Memantau kandungan hara tanah dan pupuk yang disebarkan secara merata bertujuan untuk mengurangi kejadian masalah gulma tersebut.

Polusi

Bila hara dalam pupuk segar atau yang dikomposkan tererosi atau tercuci dari lahan pertanian, maka hara tersebut menjadi suatu masalah polusi yang cukup potensial, selain dianggap sebagai kehilangan sumber hara bagi petani. Bila hara-hara tersebut seperti nitrat tercuci menuju ke *groundwater* (air tanah) yang dimanfaatkan oleh manusia akan muncul masalah kesehatan manusia. Bila hara tersebut mengalir di air permukaan, maka dapat menyebabkan eutrofikasi pada waduk, danau, dan aliran sungai.

Cara di mana pupuk dikumpulkan dan disimpan sebelum diaplikasikan di lapangan mempengaruhi stabilisasi dan konservasi hara yang sangat berharga dan bahan organik. Pengomposan merupakan satu cara yang baik dalam penanganan pupuk kotoran ternak. Mengurangi pupuk yang hilang karena aliran permukaan dan pencucian dari lahan merupakan suatu bahan yang mencakup volume dan waktu. Aplikasi pupuk jauh sebelum kebutuhan hara tanaman sangat meningkatkan kesempatan kehilangan hara, terutama pada daerah dengan curah hujan tinggi.

Pupuk Kotoran Ternak yang Dikomposkan

Suatu proses pengomposan yang efektif mengubah limbah hewan atau produk mentah lainnya menjadi humus, yang bersifat relatif stabil, kaya hara, dan secara kimia fraksi organik aktif ditemukan pada tanah subur. Di dalam humus stabil tidak terkandung amoniak atau nitrat larut, tetapi sejumlah besar Nitrogen yang diikat sebagai protein, asam amino, dan komponen biologis lainnya. Unsur-unsur hara lain juga stabil dalam kompos yang baik.

Pengomposan pupuk kotoran ternak mengurangi banyaknya kekurangan dan kerugian yang disebabkan oleh aplikasinya dalam keadaan mentah. Kompos yang baik adalah pupuk yang aman; kandungan garamnya rendah, tidak membakar tanaman dan sesedikit mungkin menyebabkan ketidak-seimbangan hara. Pupuk semacam ini dapat diaplikasikan secara langsung dengan aman untuk pertumbuhan tanaman sayuran. Banyak pupuk organik komersial tersedia didasarkan pada pupuk kotoran hewan yang dikomposkan disuplemen dengan serbuk batuan alam, produk samping tanaman seperti tepung *alfalfa*, dan produk samping hewan seperti darah, tulang, atau tepung bulu ternak.

Kualitas kompos tergantung pada pakan ternak yang digunakan. Jika tidak dilakukan penambahan bahan, serasah broiler yang dikomposkan, meskipun lebih stabil daripada serasah mentah akan memiliki kandungan fosfat tinggi dan kalsium yang rendah. Aplikasi terus menerus dapat menyebabkan ketidak-seimbangan kondisi tanah jangka panjang. Uji tanah dan kompos untuk memantau kandungan hara sangat dianjurkan.

Walaupun pengomposan dapat mendegradasi kontaminan organik, namun tidak dapat mengeliminasi logam berat. Kenyataannya, pengomposan ternyata masih mengandung logam, yang membuat kompos terkontaminasi. Hal ini lebih berbahaya daripada pupuk yang berasal dari serasah broiler, karena dalam beberapa pakan ternak seringkali terkandung arsenik.

Beberapa temuan baru pakan ternak juga mengandung tembaga dan dapat terakumulasi dalam pupuk kotoran ternak tersebut. Walaupun Cu merupakan unsur hara esensial bagi tanaman, namun bila dalam jumlah yang berlebihan dapat menyebabkan racun.

Menurut peraturan standar pupuk organik internasional, kompos harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

1. Rasio C: N awal antara 25: 1 dan 40: 1 harus tetap ada selama proses penggilingan bahan, dan
2. Temperatur antara 131°F dan 170°F harus dipertahankan selama 3 hari dengan menggunakan sistem yang teraerasi statis, atau
3. Temperatur antara 131°F dan 170°F harus dipertahankan selama 15 hari dengan sistem pengomposan *windrow* (bedengan terbuka), selama periode bahan harus dibalik minimum 5 kali.

Guano

Guano merupakan eksresi kering berbagai spesies kelelawar dan burung laut. Penggunaannya sebagai pupuk pertanian memiliki sejarah panjang. Sebelum penggunaan pupuk kimia, para pengusaha pemerintah Amerika Serikat telah menemukan dan mengembangkan deposit guano tersebut.

Kandungan hara dalam produk guano komersial bervariasi bergantung pada makanan burung atau kelelawar. Burung laut yang mendapatkan makanan dari ikan bergantung pada spesies ikan. Kelelawar dapat tumbuh dan berkembang dari serangga atau buah-buahan. Faktor utama lain adalah umur sumber deposit. Produk guano dapat dalam bentuk segar, semi-fosil, ataupun fosil. Untuk mengetahui secara cepat beberapa produk komersial guano diberikan kisaran analisis seperti disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Analisis Kandungan NPK Berbagai Jenis Guano

Jenis /Produk Guano	Kandungan N-P-K	Sumber
Kelelawar gurun	8 – 4 – 10	Panen Rumah (<i>Home Harvest</i>)
Kelelawar Gua kering	3 – 10 – 10	Panen Rumah (<i>Home Harvest</i>)
Burung Laut (fosil)	1 – 10 – 10	Panen Rumah (<i>Home Harvest</i>)
Burung Laut Peru dalam bentuk pelet	12 – 12 – 2.5	Panen Rumah (<i>Home Harvest</i>)
Burung laut <i>Old Thyme</i>	13 – 8 – 2.0	Panen Rumah (<i>Home Harvest</i>)
Kelelawar Jamaika	1 – 10 – 0.0	<i>Boomington Whse</i>
Burung laut Peru	11 – 13 – 3.0	<i>Boomington Whse</i>
Kelelawar Jamaika	3 – 8 – 10	<i>Industry nitron</i>

Sebagai sumber hara, guano dipertimbangkan cukup tersedia seperti halnya pupuk alam lainnya. Salah satu sumber mengungkapkan bahwa guano kaya mikroba bioremediasi yang membantu membersihkan toksin tanah. Jika benar, ini akan membuat guano menjadi bahan pembenah tanah yang luar biasa untuk digunakan pada masa transisi dari sistem produksi konvensional menjadi sistem produksi berkelanjutan. Namun informasi ini belum terdokumentasikan dengan baik.

Guano diperkenalkan sebagai bahan yang sangat aman dan tidak membakar tanaman yang seringkali diistilahkan dengan *foolproof*. Dan belum ada penemuan yang menentangnya. Namun terdapat suatu penyakit manusia yang cukup serius yang berhubungan dengan guano. *Histoplasmosis*, yang disebabkan jamur *Histoplasma capsulatum*, menunjukkan gejala yang sama dengan influenza, atau

pneumonia bila berat. Seseorang yang memiliki sistem kekebalan tubuh yang membahayakan, *histoplasmosis* dapat menyebabkan komplikasi yang dapat menyebabkan kematian.

Akumulasi guano burung laut dan kelelawar dapat mengandung spora *Histoplasma*. Masalah ini sering muncul dalam pelapisan yang telah berumur 2 tahun atau lebih. Sebagaimana halnya fungi (jamur) yang berkembang biak dan menghasilkan spora. Pada kondisi segar, guano Kelelawar lebih berbahaya daripada guano burung karena Kelelawar yang terinfeksi dapat menjadi sarang organisme dan secara cepat menginokulasi pupuk tersebut. Sehingga bagi orang atau pekerja yang sering kali ke gua atau memanen dan mengemas guano memiliki resiko tinggi terinfeksi penyakit ini.

Tanaman Penutup Tanah dan Pupuk Hijau

Pupuk hijau merupakan bahan tanaman yang masih segar yang ditanamkan ke dalam tanah untuk tujuan perbaikan tanah. Sedangkan *cover crop* adalah tanaman penutup tanah yang sengaja ditanam untuk menutup permukaan tanah. Tanaman penutup tanah (*cover crop*) terutama ditujukan untuk mencegah erosi tanah di daerah berlereng. *Cover crop* dan tanaman pupuk hijau dapat berupa tanaman setahun, 2 tahunan, maupun tanaman tahunan yang ditanam secara monokultur ataupun campuran selama musim tanam. Selain berfungsi menutup tanah, tanaman legum dapat menghasilkan nitrogen, dan membantu mengendalikan gulma dan mengurangi hama dan penyakit tanaman. Bila *cover crop* ditanam untuk mengurangi pencucian hara dari profil tanah yang menyertai tanaman utama, seringkali diistilahkan dengan "*cath crop*".



Gambar 17. Aplikasi Pupuk Hijau di Lapangan

Cover crop seringkali diistilahkan dengan mulsa hidup yang berfungsi menekan pertumbuhan gulma, mengurangi erosi, meningkatkan kesuburan tanah, dan memperbaiki infiltrasi air. Jenis tanaman mulsa hidup dalam sistem penanaman tahunan adalah rumput-rumputan atau tanaman legum yang ditanam dengan sistem *alley cropping* di antara barisanan tanaman utama (tanaman pohon).



Gambar 18. Penanaman *Cover crop*

Manfaat *Cover crop* dan Pupuk Hijau

Bahan Organik dan Struktur Tanah

Manfaat utama yang diperoleh dari pupuk hijau adalah adanya tambahan bahan organik ke dalam tanah. Selama penguraian bahan organik oleh mikroorganisme, senyawa-senyawa yang terbentuk bersifat tahan terhadap dekomposisi, seperti gum, wax, dan resin. Senyawa-senyawa ini bersama-sama dengan *miselia*, *lender*, kotoran/eksresi yang dihasilkan oleh mikroorganisme membantu mengikat partikel tanah membentuk granul atau agregat. Tanah yang beragregat baik akan mudah diolah, aerasinya baik, dan mempunyai laju infiltrasi yang tinggi. Dengan meningkatnya kandungan bahan organik tanah juga akan meningkatkan humus tanah.

Produksi Nitrogen

Produksi N merupakan manfaat utama dari *cover crop* dan pupuk hijau yang berasal dari tanaman legum. Akumulasi N oleh *cover crop* legum berkisar antara 80 – 400 kg N/ha. Jumlah N yang tersedia dari tanaman legum bergantung pada spesies tanaman legum yang ditanam, biomas total yang dihasilkan, dan persentase N dalam

jaringan tanaman. Kondisi lingkungan dan cara budidaya tanaman yang membatasi pertumbuhan tanaman legum, seperti jadwal penanaman yang tertunda, kekeringan, dan cara budidaya yang tidak tepat akan mengurangi kandungan N yang dihasilkan. Dan sebaliknya bila kondisi lingkungan dan cara budidaya yang tepat akan mendukung produk N yang baik.

Porsi N tersedia dalam pupuk hijau untuk tanaman berikutnya pada umumnya sebesar 40 – 60% dari jumlah total yang terkandung dalam legum. Untuk menentukan berapa banyak N yang terkandung dalam *cover crop* dapat diestimasi dari banyaknya biomas di atas tanah yang dihasilkan dan kandungan N nya.

Aktivitas Mikroba Tanah

Suatu peningkatan yang cepat dalam populasi mikroorganisme tanah terjadi setelah tanaman muda pupuk hijau ditanamkan ke dalam tanah. Jumlah mikroba dalam tanah berlipat ganda untuk menyerang pupuk hijau segar begitu ditanamkan. Selama penguraian yang dilakukan oleh mikroba, hara-hara yang terkandung di dalam jaringan tanaman dilepaskan dan menjadi tersedia bagi tanaman berikutnya. Faktor yang mempengaruhi kemampuan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik adalah temperatur tanah, kelembaban tanah, dan rasio C/N bahan tanaman. Rasio C/N mencerminkan jenis dan umur tanaman yang digunakan. Bila tanaman dewasa digunakan akan mengandung serat (Carbon) yang tinggi sedangkan kandungan protein (Nitrogen) menurun.

Residu tanaman yang kaya karbon biasanya memiliki Rasio C/N di atas 25:1 dapat mengakibatkan N diikat oleh mikroba tanah, sehingga menurunkan ketersediaan N bagi tanaman. Penambahan sedikit pupuk N untuk membantu proses dekomposisi disarankan pada jaringan tanaman dengan kandungan C tinggi. Sebaliknya pada residu tanaman dengan rasio C/N rendah akan lebih banyak N yang dilepaskan ke dalam tanah sehingga tersedia bagi tanaman.

Penambahan Hara

Selain menambah hara N ke dalam tanah, *cover crop* membantu mendaur ulang hara-hara lainnya di lahan-lahan pertanian. Unsur hara N, P, K, Ca, Mg, S, dan lainnya diakumulasi oleh *cover crop* selama musim tanam. Ketika pupuk hijau ditanamkan atau sebagai mulsa, hara-hara esensial tanaman menjadi lambat

tersedia selama proses dekomposisi. Beberapa jenis *cover crop* tertentu mampu mengakuulasi hara dari dalam tanah dalam konsentrasi yang tinggi dalam jaringan tanaman. Sebagai contoh tanaman pohon legum (*alfalfa*) yang memiliki perakaran dalam mampu menyerap hara dari *sub soil* dan mentranslokasikannya ke bagian atas ke daerah perakaran tanaman, dan menjadi tersedia bagi tanaman berikutnya.

Penguraian pupuk hijau oleh mikroorganisme tanah mempengaruhi ketersediaan hara mineral dengan cara yang lain. Selama proses dekomposisi bahan organik, senyawa asam organik terbentuk sebagai produk samping aktivitas mikroba. Asam-asam organik ini bereaksi dengan batuan mineral yang tidak larut dan fosfat yang mengendap, melepaskan fosfat dan hara yang dapat dipertukarkan.

Aktivitas Perakaran

Sistem perakaran yang intensif dari *cover crop* sangat efektif dalam melonggarkan dan memberikan aerasi yang baik dalam tanah. Ketika *cover crop* ditanam setelah pengolahan tanah dalam, mereka dapat membantu melonggarkan tanah sehingga lapisan bawah tanah memiliki aerasi yang baik. Kemampuan ini juga dipengaruhi oleh kedalaman perakaran *cover crop*.

Penekanan Gulma

Gulma akan tumbuh pada bagian-bagian tanah yang kosong. Ketika tanah ditanami *cover crop*, tanaman ini menempati ruang di atas tanah serta menangkap cahaya, sehingga memberikan naungan pada tanah dan mengurangi kesempatan gulma untuk tumbuh. Pengaruh pelonggaran tanah dari *cover crop* yang memiliki perakaran dalam juga mengurangi populasi gulma yang tumbuh dengan subur pada tanah yang padat.

Penanaman *cover crop* non legum (rumput-rumputan) adalah untuk memberikan pengendalian gulma sebagaimana penambahan bahan organik ke dalam tanah dan memperbaiki kepadatan walaupun tidak menghasilkan N.

Penekanan gulma akibat penggunaan *cover crop* dapat terjadi oleh adanya zat alelopati yang dihasilkan oleh *cover crop* atau mulsa hidup. Hal ini merupakan metode yang penting dalam pengendalian gulma dalam sistem pertanian yang berkelanjutan. Tanaman yang menghasilkan alelopati adalah tanaman yang mampu menghambat pertumbuhan tanaman di dekatnya dengan cara melepaskan senyawa

toksin alami atau alelokimia. Beberapa *cover crop* menunjukkan kemampuan seperti ini, sehingga cukup efektif dalam mengendalikan pertumbuhan gulma.

Konservasi Tanah dan Air

Bila *cover crop* ditanam semata-mata untuk tujuan konservasi tanah, mereka seharusnya memberikan persentase penutupan tanah yang tinggi secepat mungkin. *Cover crop* jenis rumput-rumputan (non legum) menunjukkan kemampuan konservasi tanah dengan baik. Sehingga dapat mengurangi besarnya erosi di permukaan tanah.

Manfaat konservasi tanah yang diberikan oleh *cover crop* memperpanjang perlindungan tanah selama periode bero (kosong). Selain itu adanya *cover crop* dapat meningkatkan infiltrasi air dan mengurangi evaporasi air dari permukaan tanah. *Cover crop* mengurangi terjadinya kerak di permukaan tanah sehingga mengurangi aliran air di permukaan (*runoff*).

Retensi air di bawah *cover crop* (mulsa) memberikan pengaruh yang nyata dalam mengendalikan erosi karena air banyak yang masuk ke dalam tanah. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya *cover crop* dapat mengurangi evaporasi dan meningkatkan kelembaban tanah sehingga memungkinkan lahan-lahan tersebut dapat bertahan dalam kondisi kekeringan tanpa terjadi stress air pada tanaman.

Selain mengurangi erosi tanah, *cover crop* dapat mengurangi pencucian hara ke lapisan yang lebih dalam, terutama tanaman yang memiliki perakaran dalam.



Gambar 19. Penanaman *Cover crop* untuk Mengurangi Pencucian

Biofertilizer

Biofertilizer merupakan istilah yang mempunyai banyak arti, dapat berupa segala sesuatu yang diekstrak dari tanaman menjadi pupuk kimia yang mengandung komponen organik (misalnya vitamin), atau menjadi campuran berbagai organisme mikroba. Vessey (2003) mendefinisikan biofertilizer sebagai: *“suatu zat yang mengandung organisme hidup, yang mana bila diaplikasikan pada biji, permukaan tanaman, atau tanah, akan membentuk koloni rhizosfer atau bagian dalam tanaman dan merangsang pertumbuhan dengan meningkatkan suplai dan ketersediaan hara bagi tanaman inang”*.

Selanjutnya Rao (1981) juga mendefinisikan biofertilizer sebagai: *“inokulan mikroba sebagai preparat yang mengandung sel hidup (laten) dari strain bakteri pemfiksasi N, pelarut fosfat, atau mikroorganisme selulolitik yang diaplikasikan pada biji, tanah atau tempat pengomposan dengan tujuan untuk meningkatkan jumlah mikroorganisme tersebut di atas dan mempercepat proses-proses yang dibantu oleh mikroorganisme untuk menambah tingkat ketersediaan hara dalam bentuk yang mudah diserap oleh tanaman”*. Dalam aplikasinya, inokulan mikroba tersebut dianggap sebagai karier yang mengandung mikroorganisme bermanfaat dalam keadaan hidup yang ditujukan untuk biji atau tanah dan diharapkan dapat memperbaiki kesuburan tanah dan membantu pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan jumlah aktivitas biologi dari mikroorganisme di sekitar perakaran tanaman. Definisi ini menitik-beratkan pada mikroorganisme hidup dan dengan demikian memisahkan biofertilizer dengan pupuk organik dan pupuk kotoran hewan atau sisa tanaman. Beberapa jenis fungi yang hidup di daerah perakaran (seperti *arbuscular mycorrhizae*) dapat menjadi biofertilizer.

Di antara berbagai inokulan, bakteri dari rhizosfer tanaman (*Rhizobacteria*) mendapat perhatian khusus selama dua dekade terakhir ini yang dikenal dengan *Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria* (PGPR) yang merupakan bakteri yang mengkoloni tanaman dan merangsang pertumbuhan tanaman.

Sebagai biofertilizer, PGPR dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui beberapa mekanisme yaitu:

1. Menambah suplai N bagi tanaman inang melalui proses fiksasi N_2 .
2. Menambah suplai unsur hara yang lain (seperti P, S, dan Fe).
3. Produksi fitohormon PGPR dapat meningkatkan luas permukaan akar.

4. Menambah bakteri atau fungi yang bermanfaat dengan cara bersimbiosis dengan tanaman inang.

Beberapa PGPR merangsang pertumbuhan tanaman inang dengan cara meningkatkan ketersediaan hara anorganik tertentu di daerah perakaran tanaman (Rhizosfer). Bakteri-bakteri ini terlibat dalam beberapa reaksi antara lain pelarutan fosfat, oksidasi sulfur, dan pengkelatan besi serta berbagai proses lainnya.

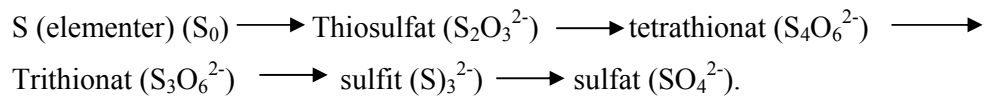
1. Pelarutan Fosfat

Fosfor merupakan unsur hara yang sering membatasi pertumbuhan dan produksi tanaman di daerah tropis. Namun tidak hanya di daerah tropis saja, di daerah sedang dan tanah dengan kandungan bahan organik tinggi ketersediaan fosfor juga terbatas. Hal ini disebabkan karena banyaknya bentuk-bentuk P yang tidak larut, sedangkan tanaman hanya dapat menyerap P dalam bentuk ion larut yaitu H_2PO_4^- dan HPO_4^{2-} . Banyak bakteri yang diisolasi dari rhizosfer memiliki kemampuan melarutkan bentuk P yang tidak tersedia dalam suatu kultur yang mengandung eksresi asam organik dan enzim fosfatase (Kim, et al., 1998). Bukti adanya pelarutan fosfat sebagai suatu mekanisme aktivitas PGPR ditunjukkan pada *Rhizobium* sp. dan *Bradyrhizobium japonicum* dan *radish* (lobak) (Antoun, et al., 1998) ; *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* dan jagung (Chabot et al., 1998); *Enterobacter agglomerans* dan tomat (Kim, et al., 1998); *Bacillus* sp. dan berbagai spesies tanaman (Pal, 1998); *Azotobacter chroococcum* dan gandum (Kumar dan Narula, 1999); *Bacillus circulans* dan *Cladosporium herbarum* dan gandum (Singh dan Kapoor, 1999); dan *Pseudomonas chlororaphis* dan *P.putida* dan kedelai (Cattelan, et al., 1999). Namun yang perlu diingat bahwa kemampuan melarutkan P di dalam kultur tidak berarti bahwa bakteri tersebut bertindak sebagai suatu PGPR. Hanya ada 2 dari 5 isolat pelarut fosfat dari rhizosfer kedelai yang dapat merangsang pertumbuhan kedelai (Cattelan, et al., 1999). Demikian juga, isolat *Bacillus* dan *Xanthomonas* dari rhizosfer minyak lobak dapat merangsang pertumbuhan tanaman tetapi tidak meningkatkan kandungan P tanaman inang (Rai, M.K, 2005).

2. Oksidasi Sulfur

Sulfur (S) merupakan unsur hara makro yang ke empat setelah N, P, dan K. Sulfur merupakan komponen vital protein dan sistem enzim di dalam tubuh tanaman.

Namun tanaman hanya dapat menyerap S dalam bentuk ion sulfat (SO_4^{2-}). Bila tanaman mengalami defisiensi S, petani bisa saja menambahkan pupuk sulfat seperti Amonium Sulfat $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, \text{K}_2\text{SO}_4]$. Namun pupuk ini bersifat larut dalam air, sehingga besar kemungkinan dapat hilang melalui pencucian yang akan mencemasi sumber air tanah. Penggunaan pupuk S elementer lebih dianjurkan, selain harganya tidak terlalu mahal, juga tidak larut secara langsung dalam air, sehingga mengurangi pencucian. Lebih lanjut, S elementer merupakan produk samping industri minyak dan gas, sehingga penggunaannya lebih dianjurkan dalam rangka pemanfaatan limbah. Namun Sulfur dalam bentuk elementer ini tidak dapat secara langsung diserap oleh tanaman. Unsur ini harus dioksidasi terlebih dahulu membentuk ion sulfat. Proses oksidasi ini dibantu oleh mikroorganisme tanah. Dalam kondisi alami proses ini berlangsung selama 18 – 24 bulan bergantung pada jumlah bakteri pengoksidasi S dan kondisi lingkungan yang kondusif. Reaksi oksidasi tersebut adalah sebagai berikut:



Beberapa mikroorganisme tanah memiliki kemampuan mengoksidasi S, tetapi mikroorganisme ini hanya dijumpai kurang dari 1% dari total populasi mikroba tanah. Mikroorganisme pengoksidasi S antara lain bakteri *Thiobacillus* sp., fungi *Fusarium* sp, dan aktinomeset *Streptomyces* sp.. Di antara ketiga mikroorganisme tersebut yang paling aktif dalam mengoksidasi S adalah golongan bakteri. Keberhasilan penggunaan pengoksidasi S dalam PGPR berbeda-beda bergantung kondisi agroklimatnya. Sebagai contoh, bakteri *Thiobacillus* digunakan dalam pembuatan pupuk *Biosuper* di Australia dengan mencampurkan batuan fosfat dan sulfur. Asam sulfat yang dihasilkan dalam campuran tersebut dapat melarutkan fosfat dan dengan cara demikian dapat meningkatkan hara P bagi tanaman. Namun apakah biofertilizer seperti ini dapat bermanfaat dan menguntungkan dari segi ekonomi sangat bergantung pada ketersediaan sulfur dan batuan fosfat untuk tujuan ini serta penggunaannya di tingkat petani dalam meningkatkan hasil tanaman.

3. Pengkelatan Besi (Fe^{3+})

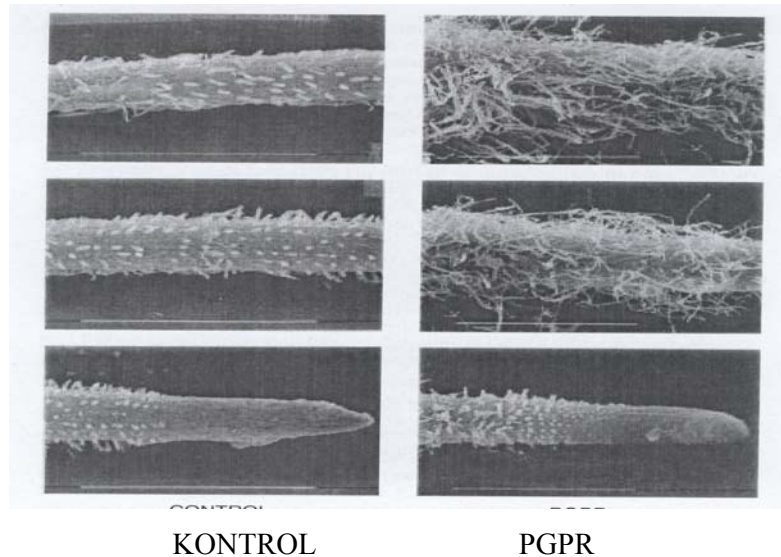
Ion besi ferro (Fe^{2+}) lebih larut tetapi keberadaannya lebih sedikit dibandingkan dengan ion Ferri (Fe^{3+}) di dalam larutan tanah pada pH tanah netral. Dalam bentuk ion ferri (Fe^{3+}), besi mudah mengendap menjadi bentuk besi oksida yang tidak larut. Selain dari pengasaman rhizosfer untuk membuat besi lebih tersedia, beberapa tanaman juga mengeksresikan pengkelat (*Chelator*) besi (*Phytosiderophor*) yang mengikat Fe^{3+} , menghentikannya dari proses oksidasi membentuk senyawa tidak larut. Senyawa kompleks Phytosiderophor- Fe^{3+} ini dapat diserap masuk ke sel-sel akar tanaman (von Wiren, *et al.*, 2000 dalam Rai, 2005).

Beberapa bakteri rhizosfer juga menghasilkan siderophor yang mengkelat Fe^{3+} , tetapi aktivitas ini lebih sering disebabkan oleh aktivitas biokontrol daripada aktivitas biofertilizer. Meskipun demikian, terdapat bukti yang menunjukkan bahwa senyawa kompleks siderophor- Fe^{3+} dapat diserap oleh beberapa spesies tanaman. Beberapa peneliti menyarankan bahwa tipe absorpsi ini sangat penting dalam hubungannya dengan hara besi tanaman, terutama pada tanah *Calcareous* (Masalha, *et al.*, 2000 dalam Rai, 2005).

4. Produksi Fitohormon

Cara yang paling umum aktivitas PGPR dalam merangsang pertumbuhan tanaman adalah melalui proses alterasi level fitohormon, yang pada gilirannya akan mengubah pertumbuhan dan morfologi akar tanaman inang sehingga memiliki luas permukaan yang lebih besar. Banyak kajian dan model serapan hara di dalam tanaman menunjukkan peranan yang sangat penting dari luas permukaan akar sebagai suatu faktor yang mempengaruhi kapasitas tanaman untuk menyerap hara anorganik. Peranan PGPR dalam merangsang pertumbuhan tanaman terjadi melalui peningkatan luas permukaan akar, yang pada gilirannya akan meningkatkan kemampuan tanaman menyerap hara sehingga pertumbuhan tanaman meningkat.

Pengaruh produksi fitohormon oleh PGPR pada tanaman inang dibuktikan dengan parameter berat akar tanaman yang lebih besar, cabang akar lebih banyak, akar lebih tebal, dan rambut akar lebih banyak (Gambar 20).



Gambar 20. Hasil *Scanning* Mikroskop Elektron Akar Canola setelah 96 Jam Inokulasi PGPR dibandingkan dengan Kontrol (Rai, 2005)

Gambar tersebut memperlihatkan bahwa akar yang diinokulasi PGPR menunjukkan kerapatan yang lebih tinggi dari rambut-rambut akar. PGPR juga meningkatkan pembentukan rambut akar dan panjang akar. Rambut akar lebih panjang dan lebih tebal daripada kontrol. Molla, *et al.*, (2001) menunjukkan bahwa *Azospirillum brasilense* Sp7 dapat menyebabkan terjadinya peningkatan berat kering akar kedelai sebesar 63 % dan lebih dari 6 kali lipat meningkatkan panjang akar spesifik, dan lebih dari 10 kali lipat peningkatan dalam panjang akar total.

Tabel 11 di bawah ini menyajikan daftar hormon (IAA, *cytokinin*, dan asam *giberelin*) dan suatu zat yang mempengaruhi hormon (*ACC deaminase*) yang dihasilkan oleh PGPR tertentu dan bertanggungjawab untuk perangsangan pertumbuhan tanaman inang. Zat perangsang tumbuh yang paling umum adalah IAA (*indole-3 acetic acid*), suatu fitohormon yang terlibat dalam inisiasi akar, pembelahan sel, dan pembesaran sel (Salisbury, 1994). Pengaruh yang paling umum dari produksi IAA oleh PGPR dapat meningkatkan panjang akar.

ACC (*1-aminocyclopropane-1-carboxylate*) merupakan prekursor etilen dalam jalur biosintesis. ACC deaminase adalah suatu enzim yang dihasilkan oleh beberapa PGPR yang menurunkan produksi *etilen*. *Etilen* merupakan fitohormon yang unik yang berada dalam bentuk gas dan sebagai penghambat pertumbuhan akar pada beberapa spesies. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa PGPR yang mensekresi ACC deaminase merangsang pertumbuhan tanaman melalui

penghambatan produksi *etilen* pada tanaman inang, yang menyebabkan terjadinya peningkatan panjang akar.

Tabel 11. Hormon atau Zat yang Mempengaruhi Hormon Dihasilkan PGPR untuk Merangsang Pertumbuhan Tanaman Inang

Pengaruh hormonal	PGPR	Tanaman Inang
Produksi IAA	<i>Aeromonas veronii</i>	Padi
	<i>Agrobacterium</i> sp	Slada
	<i>Alcaligenes piechaudii</i>	Slada
	<i>Azospirillum brasilense</i>	Gandum
	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	Lobak (Radish)
	<i>Comamonas acidovorans</i>	Slada
	<i>Enterobacter cloacae</i>	Padi
	<i>Enterobacter</i> sp	Tebu
	<i>Pseudomonas putida</i>	Minyak lobak (rape)
	<i>Rhizobium leguminosarum</i>	Lobak (Radish)
Produksi ACC deaminase	<i>Alcaligenes</i> sp	Rape
	<i>Bacillus pumilus</i>	Rape
	<i>Enterobacter cloacae</i>	Rape
	<i>Pseudomonas cepacia</i>	Kedelai
	<i>Pseudomonas putida</i>	Mung bean
	<i>Pseudomonas</i> sp	Rape
	<i>Variovorax paradoxus</i>	Rape
Produksi Cytokinin	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	Gandum dan cemara
	<i>Rhizobium leguminosarum</i>	Rape dan Slada
	<i>Bacillus</i> sp	Alder dan Cemara

Sumber: Vessey (2003)

Sitokinin merangsang pembelahan sel, pembesaran sel, dan perkembangan jaringan didalam bagian tanaman tertentu. Sedangkan Asam *giberelin* merupakan kelompok fitohormon yang dapat menyebabkan perkembangan jaringan tanaman, terutama jaringan batang (Salisbury, 1994). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa PGPR yang menghasilkan cytokinn dapat merangsang pertumbuhan tanaman (Tabel 11) (Bent, *et al.*, 2001 ; de Salamone, *et al.*, 2001 dalam Rai, 2005).

Aplikasi Pupuk Segar dan Kompos di Lapangan

Dalam hubungannya dengan aplikasi pupuk segar dan kompos di lapangan yang perlu dibahas adalah kapan dan bagaimana cara aplikasinya. Batasan aplikasi 90 dan 120 hari untuk pupuk alam dimaksudkan mencegah kontaminasi pangan

dengan patogen pupuk. Namun, di bawah batasan waktu tersebut, pertimbangan agronomis tambahan seringkali dilibatkan dalam penjadwalan aplikasi pupuk.

Biasanya pupuk segar dan kompos mempunyai pengaruh paling kuat pada tanaman pangan atau tanaman penutup tanah jika diaplikasikan hanya dalam fase lanjutan penanaman. Para petani tanaman pangan biasanya mengaplikasikan pada kondisi tanah kekurangan N dan pada tanaman respon misalnya jagung.

Keadaan tersebut agak lebih kompleks pada tanaman sayuran. Menurut para pekebun yang berpengalaman, tanaman seperti labu (*squash*), jagung, kacang polong atau buncis, memberikan pengaruh terbaik bila pupuk disebar dan ditanamkan sebelum tanam. Sedangkan untuk tanaman kubis, tomat, kentang, dan tanaman akar (wortel, lobak) cenderung memberikan respon lebih baik bila tanah dipupuk pada tahun sebelumnya. Sehingga rotasi tanaman yang mengutamakan tanaman yang tidak dipupuk menyertai tanaman yang dipupuk sungguh sangat ideal.

Untuk memaksimalkan penemuan kembali (*recovery*) hara dalam pupuk yang disebar, pengomposan, pembajakan atau pembenaman pupuk ke dalam tanah sesegara mungkin setelah penyebaran merupakan pilihan terbaik. Penelitian menunjukkan bahwa pupuk segar padat akan kehilangan 21% Nitrogennya ke atmosfer jika disebar dan dibiarkan selama 4 hari, pembenaman ke dalam tanah yang cepat mengurangi kehilangan ini hanya 5%.

Namun, karena pengolahan tanah berlebihan menurunkan semangat sistem pertanian berkelanjutan, pilihan untuk pengomposan mungkin dibatasi pada beberapa sistem pertanian saja. Pilihan yang terbaik berikutnya muncul untuk menyebarkan di atas tanaman penutup tanah yang sedang tumbuh. Hal ini mengurangi kesempatan hilangnya melalui erosi permukaan dan mengurangi pencucian. Namun, hal ini sedikit mengendalikan kehilangan amoniak ke atmosfer.

Salah satu dari rangkaian penggunaan pupuk yang paling lemah sebagai pupuk yang muncul menjadi proses nyata dari penyebaran di lapangan. Menurut beberapa peneliti, alat penyebar yang berupa kotak konvensional untuk membuang limbah tidak mampu mengelola sumber hara. Banyak mesin dibuat untuk pembuangan sampah sebanyak mungkin dalam waktu singkat dan sulit untuk dikalibrasi jika kamu menginginkan mendistribusikan pupuk secara tepat dan menyesuaikan dengan kebutuhan tanaman.

BAB VI

TEKNOLOGI PENGOMPOSAN

Proses Dekomposisi dalam Tanah

Residu tanaman merupakan bahan utama yang mengalami dekomposisi di dalam tanah, dan oleh karena itu ia merupakan sumber utama bahan organik tanah. Jaringan tanaman hijau mengandung 60 – 90% air. Jika jaringan tanaman dikeringkan untuk menghilangkan seluruh airnya, bahan kering yang tersisa mengandung paling sedikit 90 – 85% C, H, dan O. Selama fotosintesis, tanaman memperoleh unsur-unsur ini dari CO₂ dan air. Jika bahan kering tanaman dibakar (dioksidasi), unsur-unsur ini berubah kembali menjadi CO₂ dan air. Selain itu juga terbentuk abu kurang lebih sebanyak 5 – 10% dari bahan kering. Di dalam abu dapat ditemukan banyak unsur hara diserap tanaman dari dalam tanah; seperti N, S, P, K dan unsur mikro.


Senyawa Organik dalam Residu Tanaman

Senyawa organik di dalam jaringan tanaman dapat dikelompokkan secara kasar dalam beberapa kelas: Selulosa (45%), Lignin (20%), Hemi selulosa (18%), Protein (8%) dan Lemak dan wax (2%). Senyawa karbohidrat merupakan senyawa organik yang memiliki kompleksitas dari yang sederhana (gula) dan amilum sampai selulosa, biasanya merupakan senyawa organik tanaman yang terbanyak.

Lignin, merupakan senyawa kompleks dengan tipe cincin ganda atau struktur fenol merupakan komponen dinding sel tanaman. Kandungan lignin meningkat meningkat sebagaimana meningkatnya tingkat kematangan tanaman dan senyawa ini tinggi kandungannya terutama dalam jaringan kayu. Polifenol yang lain, seperti tannin, menyusun 6 – 7% dari daun dan kulit kayu tanaman tertentu (sebagai contoh warna coklat pada daun teh yang direndam disebabkan karena senyawa tannin). Bagian tanaman tertentu, terutama biji dan selaput daun, mengandung sejumlah lemak, wax, dan minyak, yang lebih kompleks dari senyawa karbohidrat tetapi masih dibawah lignin. Protein mengandung 16% N dan unsur hara esensial lainnya dalam jumlah sedikit, seperti S, Mn, Cu, dan Fe.

Laju Dekomposisi

Senyawa organik dapat diurutkan berdasarkan tingkat kemudahannya terdekomposisinya sebagai berikut:

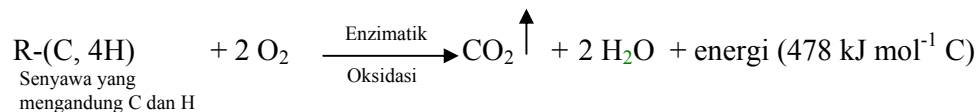
1. Gula, Amilum, dan protein sederhana	Dekomposisi Cepat
2. Protein Kasar	
3. Hemicelulosa	
4. Cellulosa	
5. Lemak, wax, dan turunannya	
6. Lignin, dan senyawa fenol	Dekomposisi Sangat lambat

Dekomposisi Senyawa Organik pada Tanah Aerobik

Ketika jaringan organik ditambahkan ke dalam tanah aerobik, 3 reaksi umum akan terjadi. Senyawa Carbon secara enzimatis akan teroksidasi menghasilkan CO₂, air, energi, dan biomas dekomposer. Unsur hara esensial, seperti N, P, dan S dilepas dan atau diimobilisasi oleh serangkaian reaksi spesifik yang relatif unik untuk tiap-tiap unsur. Selama proses ini, senyawa-senyawa yang sangat resisten terhadap aktivitas mikroba akan terbentuk, baik melalui modifikasi senyawa di dalam jaringan asalnya atau melalui sintesis mikrobial.

Dekomposisi

Dekomposisi merupakan proses oksidasi. Pada tanah teaerasi baik, seluruh senyawa organik ditemukan di dalam residu tanaman mengikuti reaksi berikut ini:



Kebanyakan tahap intermediat terlibat di dalam seluruh reaksi di atas, dan hal ini disertai oleh reaksi samping yang melibatkan unsur-unsur lain selain C dan H. Reaksi di atas merupakan reaksi dasar untuk proses dekomposisi bahan organik di dalam tanah.

Pemecahan Protein

Ketika protein tanaman terurai, akan menghasilkan tidak hanya CO₂ dan air, tetapi asam amino seperti glisin (CH₂NH₂COOH) dan kistin (CH₂HSCHNH₂COOH). Selanjutnya, senyawa N dan S akan pecah, bahkan menghasilkan ion anorganik sederhana seperti amonium (NH₄⁺), nitrat (NO₃⁻), dan Sulfat (SO₄²⁻) yang tersedia bagi tanaman.

Pemecahan Lignin

Molekul lignin sangat besar dan kompleks, terdiri atas beratus-ratus cincin fenol yang terikat sebagai sub unit-sub unit. Karena ikatan antara struktur sangat bervariasi dan kuat, hanya sedikit mikroorganisme yang dapat memecahkan ikatan senyawa tersebut. Dekomposisi berjalan sangat lambat pada awalnya, dan biasanya dibantu oleh aktivitas fisik fauna tanah. Pada saat subunit lignin terlepas, banyak mikroorganisme berpartisipasi dalam proses pemecahan tersebut. Hal ini berarti bahwa mikroorganisme menggunakan beberapa struktur cincin dari lignin dalam sintesis bahan organik stabil.

Dekomposisi pada Tanah An-aerobik

Dekomposisi mikrobial berlangsung paling cepat ketika banyak suplai oksigen, yang bertindak sebagai aseptor elektron selama oksidasi aerobik dari senyawa organik. Suplai oksigen mungkin menjadi menurun ketika pori-pori tanah terisi air yang dapat menghambat difusi oksigen (O₂) dari atmosfer ke dalam tanah. Tanpa keberadaan oksigen yang cukup, organisme aerobik tidak dapat berfungsi, sehingga organisme anaerobik dan fakultatif menjadi dominan. Di bawah kondisi anaerobik (Kandungan oksigen rendah), dekomposisi terjadi jauh lebih lambat dari pada ketika oksigen melimpah. Oleh karena itu, tanah anaerobik cenderung mengakumulasi sejumlah besar bahan organik dalam kondisi terdekomposisi secara parsial.

Produk dekomposisi anaerob menghasilkan berbagai macam senyawa organik yang teroksidasi secara parsial, seperti asam-asam organik, alkohol, dan gas metan. Dekomposisi anaerob melepaskan energi yang relatif kecil bagi organisme yang terlibat. Dengan demikian, produk akhir masih mengandung banyak energi

(untuk alasan ini, alkohol dan gas metan dapat digunakan sebagai bahan bakar). Beberapa dari produk dekomposisi anaerobik menimbulkan kekhawatiran karena senyawa-senyawa tersebut berbau busuk atau menghambat pertumbuhan tanaman. Gas metan yang dihasilkan tanah-tanah jenuh air oleh bakteri methanogenik merupakan kontributor utama untuk efek rumah kaca.

Faktor yang Mengendalikan Laju Dekomposisi dan Mineralisasi

Waktu dibutuhkan untuk menyelesaikan proses dekomposisi dan mineralisasi berkisar mulai harian sampai tahunan, bergantung pada 2 faktor utama yaitu: (1) kondisi lingkungan di dalam tanah, dan (2) kualitas residu yang ditambahkan sebagai sumber makanan untuk organisme tanah.

Kondisi lingkungan yang sesuai untuk dekomposisi dan mineralisasi cepat adalah pH mendekati netral, kelembaban tanah cukup, dan aerasi baik (kira-kira 60% dari ruang pori total tanah terisi oleh air), dan temperatur hangat (25 – 35°C).

Sedangkan faktor fisik yang mempengaruhi kualitas residu adalah lokasi penempatan residu. Bila residu ditempatkan di atas tanah biasanya lebih lambat terdekomposisi dan lebih bervariasi daripada yang ditanamkan di daerah perakaran tanaman, karena adanya pengaruh aktivitas fauna tanah atau pengolahan tanah. Residu-residu yang ada di permukaan lebih cepat kering akibat adanya temperatur yang ekstrim. Unsur-unsur hara yang termineralisasi dari residu di permukaan lebih peka terhadap kehilangan akibat aliran permukaan atau oleh proses volatilisasi daripada yang ditanamkan ke dalam tanah. Secara fisik, residu di permukaan di luar jangkauan mikroorganisme tanah. Sedangkan residu yang ditanamkan lebih dekat kontak dengan organisme tanah dan kondisinya lebih lembab, sehingga dapat terdekomposisi lebih cepat, namun dapat hilang melalui pencucian.

Ukuran partikel juga merupakan faktor fisik penting yang lain. Semakin kecil ukuran partikel, semakin cepat laju dekomposisi. Ukuran partikel yang kecil dapat diperoleh secara alami dari jenis residu yang ada, atau dapat dihaluskan dengan grinder atau juga telah dihancurkan oleh fauna tanah. Pengurangan ukuran residu secara fisik mengekspos lebih luas permukaan untuk dekomposisi, dan juga dapat memecahkan dinding sel yang mengandung lignin dan lapisan luar yang mengandung *wax*, sehingga mengekspos lebih siap sel-sel dan jaringan yang terdekomposisi.

Rasio C/N bahan organik (residu) mempengaruhi laju dekomposisi dan mineralisasi. Mikroba tanah, sepertihalnya organisme lainnya, memerlukan keseimbangan hara dimana mereka perlukan untuk membangun sel-sel mereka dan mengekstrak energi. Organisme tanah membutuhkan C untuk membentuk senyawa organik esensial dan untuk memperoleh energi untuk proses kehidupannya. Organisme harus juga memperoleh N yang cukup untuk mensintesa komponen seluler yang mengandung N, seperti asam amino, enzim, dan DNA. Rata-rata mikroba tanah harus memasukkan 8 bagian C ke dalam sel-selnya untuk setiap satu bagian N (Rasio C/N 8: 1). Karena hanya kira-kira 1/3 C yang dimetabolisme oleh mikroba dimasukkan ke dalam sel-sel (sisanya direspirasi dan hilang sebagai CO₂), mikroba membutuhkan kira-kira 1 g N untuk setiap 24 g C dalam makanannya.

Keperluan ini menghasilkan 2 konsekuensi paraktikal yang sangat penting. Pertama, jika rasio C:N bahan organik ditambahkan ke dalam tanah melebihi 25: 1, mikroba tanah harus mencari sesuatu dalam larutan tanah untuk memperoleh cukup N, proses ini dikenal dengan *imobilisasi N*. Dengan demikian, pembenaman residu dengan rasio C/N tinggi akan mengurangi suplai N larut dalam tanah, yang menyebabkan tanaman mengalami defisiensi N. Kedua, penguraian bahan organik dapat tertunda jika N yang cukup untuk mendukung pertumbuhan mikroba, tersedia baik di dalam bahan yang mengalami dekomposisi maupun di dalam larutan tanah.

Pengaruh ekologi tanah terhadap proses mineralisasi N melibatkan seluruh jejaring makanan dalam tanah, tidak hanya bakteri dan fungi saprofit. Sebagai contoh, ketika residu organik ditambahkan ke dalam tanah, bakteri dan fungi tumbuh secara cepat di atas sumber makanan tersebut, menghasilkan biomas sel bakteri dan fungi dalam jumlah besar yang mengandung banyak N yang berasal dari residu. Hingga biomas mikroba mulai mati, N diimobilisasi dan tidak tersedia bagi tanaman. Namun, ekosistem tanah yang sehat akan mengandung nematoda, protozoa, dan cacing tanah yang memberi makan bakteri dan fungi. Oleh karena rasio C/N binatang tidak terlalu berbeda dari makanan mikroba tersebut, dan sebagian besar C dikonversi menjadi CO₂ oleh proses respirasi, maka binatang tersebut segera mencernak lebih banyak N dari pada yang mereka konsumsi. Kemudian mereka mengeksresi kelebihan N, terutama dalam bentuk NH₄⁺, masuk ke dalam larutan tanah, memberikan N mineral yang tersedia bagi tanaman. Aktivitas makan memakan hewan-hewan tanah secara mikrobial dapat meningkatkan laju mineralisasi

N hingga 100%. Pengelolaan tanah yang menyesuaikan jejaring makanan kompleks dengan berbagai *level trofik* dapat diharapkan meningkatkan siklus dan efisiensi penggunaan hara.

Kandungan lignin dan polifenol dari bahan organik mempengaruhi laju dekomposisi dan mineralisasi. Kandungan lignin seresah tanaman berkisar antara <20 - >50 %. Bahan dengan kandungan lignin tinggi akan terdekomposisi sangat lambat. Senyawa polifenol yang ditemukan dalam seresah tanaman dapat juga menghambat dekomposisi. Senyawa fenolik larut dalam air dan mungkin berada dalam konsentrasi tinggi kira-kira 5 – 10 % dari bahan kering. Dengan membentuk senyawa kompleks yang sangat resisten dengan protein selama dekomposisi residu, senyawa fenolik ini secara nyata memperlambat laju mineralisasi N dan oksidasi C.

Residu yang mengandung lignin dan/atau fenol yang tinggi dianggap sebagai bahan organik kualitas jelek bagi organisme tanah yang mendaur ulang karbon dan hara. Karena mereka kurang mendukung aktivitas mikroba dan biomas. Produksi residu dengan laju dekomposisi lambat pada tanaman hutan dapat membantu menjelaskan akumulasi C dan N yang terhumifikasi dalam jumlah sangat besar dalam tanah hutan.

Kandungan lignin dan polifenol juga mempengaruhi dekomposisi dan pelepasan N residu tanaman yang berfungsi sebagai pupuk hijau, yang digunakan untuk memperkaya tanah-tanah pertanian. Sebagai contoh bila residu tanaman pohonan legum, mempunyai rasio C/N sangat sempit, tetapi kandungan fenolik sangat tinggi. Ketika residu tersebut ditambahkan ke dalam tanah dalam suatu sistem agroforestri, N dilepaskan secara lambat, bahkan sering sangat lambat untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Sama halnya, residu dengan kandungan lignin tinggi lebih dari 20 – 25 % akan terdekomposisi sangat lambat dan akan efektif sebagai pupuk hijau untuk tanaman setahun dengan pertumbuhan cepat. Namun, untuk tanaman tahunan atau hutan, pelepasan N yang lambat dari residu dapat menguntungkan untuk jangka waktu lama, karena N sedikit hilang. Lagi pula, dekomposisi lambat dari bahan yang kaya fenol dan lignin berarti sama bahwa jika rasio C/N sangat tinggi, depresi nitrat tidak akan terjadi.

Sebelum Pengomposan

Menentukan Rasio C/N:

Selama pengomposan hampir seluruh hara di dalam bahan organik dapat digunakan oleh mikroba. Namun, keseimbangan hara yang terpenting adalah rasio Carbon: Nitrogen (C:N). Terlalu tinggi Carbon dibandingkan dengan N (C:N tinggi) akan melambatkan proses pengomposan. Terlalu banyak N dibandingkan C (C:N rasio rendah) akan menimbulkan emisi gas amoniak yang tinggi dan menimbulkan masalah bau yang tidak enak. Suatu proses pengomposan yang efisien harus mengandung bahan-bahan dengan C:N rasio yang tepat. Rasio optimum merupakan fungsi sifat bahan kompos, seperti ketersediaan hara, terutama senyawa Carbon. Suatu nilai C:N rasio sebesar 25 sampai 30:1 (25 – 30 bagian Carbon dibanding dengan 1 bagian Nitrogen) merupakan nilai yang optimum untuk kebanyakan jenis limbah/ Jika bahan berkayu digunakan untuk kompos, maka C:N rasio sebesar 35 – 40:1 bisa digunakan untuk menunjukkan ketersediaan Carbon yang rendah.

Seleksi Bahan Pelapisan:

Bahan yang digunakan memegang 2 peranan penting dalam pengomposan:

1. Mereka memberikan sumber carbon ekstra untuk meningkatkan rasio C:N, dan
2. Mereka meningkatkan porositas bahan kompos yang memperlancar pergerakan udara.

Ketika menyeleksi bahan kita perlu mempertimbangkan berikut ini:

1. Ekonomi: Harga bahan seharusnya dinilai, termasuk pengiriman dan processing (pemrosesan) (penyortiran, pemilahan, dan penggilingan)
2. Ukuran partikel: partikel seharusnya berukuran 2 – 10 mm panjangnya dan cukup seragam
3. Ketersediaan Carbon: Jika suatu bahan akan digunakan harus dipertimbangkan besarnya C:N rasio, ketersediaan Carbon dalam bahan juga harus dipertimbangkan. Tidak seluruh Carbon akan segera tersedia untuk dikonsumsi mikroba. Beberapa bahan berkayu, seperti potongan-potongan kayu, sulit dihancurkan, dan lebih banyak bahan lain yang diperlukan untuk menggantinya.
4. Lingkungan: beberapa bahan yang digunakan seringkali mengandung zat toksik. Sebagai contoh serbuk gergaji yang berasal dari kayu yang telah diperlakukan

dapat mengandung berbagai pollutant. Bahan ini seharusnya tidak digunakan sebagai bahan kompos.

5. Perijinan: Limbah non pertanian yang digunakan sebagai bahan mungkin memerlukan izin pengelolaan limbah dari Dinas Lingkungan, sebelum digunakan untuk pertanian. Bahan-bahan tersebut misalnya: serbuk gergaji, potongan kayu, jerami, potongan kertas. Bahan-bahan tersebut dapat digunakan setelah melalui proses screening.

Penggilingan

Jika bahan kompos mengandung partikel lebih besar dari 10 mm panjangnya, dan menyusun porsi yang besar dalam total volume, maka penggilingan akan diperlukan untuk mengurangi ukurannya menjadi 2 – 10 mm agar supaya efisiensi pengomposan meningkat.

Penimbangan dan Pencampuran

Setelah semua bahan kompos telah siap, maka perlu ditimbang masing-masing bahan kompos yang berbeda, kemudian dicampur dengan menggunakan alat pencampur (*mixer*). Suatu mesin penyortir, seperti penyaring yang berputar dapat digunakan untuk memisahkan bahan logam berat dari bahan yang dapat didegradasi (*biodegradable*). Bila menggunakan limbah pertanian, mesin ini tidak perlu digunakan. Alat tersebut dibutuhkan, jika bahan yang ditambahkan mengandung logam berat atau logam mulia. Alat penyortiran dan penggilingan dapat dibeli di banyak tempat.

Pengontrolan Proses Pengomposan

Ukuran Pelapisan Kompos

Ukuran pelapisan kompos bergantung pada pemilihan metode pencampuran bahan. Tumpukan yang kecil biasanya 3 – 3.6 m lebar di bagian dasar dengan tinggi hingga 1.5 m. Tumpukan yang besar biasanya 5.4 – 6.6 m lebarnya di bagian dasar dengan tinggi 2.1 m hingga lebih dari 2.1 m lebarnya di bagian atas.

Pengontrolan Kelembaban Dan Aerasi

Kandungan air dan aerasi merupakan 2 faktor penting yang saling berhubungan di dalam pengomposan. Batas yang lebih rendah dari kandungan air di dalam pengomposan sebesar 45 – 50%. Jika bahan kompos sangat kering, aktivitas biologi menjadi lambat. Batas atas kandungan air berhubungan dengan sifat bahan kompos. Jika bahan kompos bersifat porus seperti serbuk gergaji, batas atas kandungan air dapat setinggi 70%, jika kompos tidak dapat mempertahankan pori-pori yang baik di dalam massanya, batas atas kandungan air tidak lebih dari 60%. Jika bahan tersebut sangat basah, kondisi anaerob akan mendominasi proses pengomposan, dekomposisi menjadi lambat dan menghasilkan bau busuk. Penentuan kandungan air dapat dihitung dengan mudah melalui tahapan sebagai berikut:

1. Timbang tempat kosong (kaleng oven) yang digunakan untuk mengukur kadar air bahan.
2. Timbang tempat tersebut dengan sampel kompos di dalamnya.
3. Keringkan sampel dengan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 6 – 8 jam.
4. Timbang kaleng dengan kompos yang telah dikeringkan.
5. Berat basah sampel kompos diperoleh dengan mengurangi berat kaleng dan sampel kompos sebelum dioven (2) dengan berat kaleng kosong (1).
6. Berat kering sampel kompos diperoleh dengan mengurangi berat kaleng dan sampel kompos setelah dioven (3) dengan berat kaleng kosong (1).
7. Gunakan persamaan berikut ini untuk menentukan kadar air kompos:

$$\text{Kadar air kompos} = \frac{\text{berat basah kompos} - \text{berat kering kompos}}{\text{Berat basah kompos}} \times 100\%$$

Di lapangan untuk menguji kadar air kompos dapat dilakukan dengan Uji Squeeze (Uji kepalan, tekanan menggunakan tangan. Bila kadar air sebesar 60%, bahan terasa lembab ketika dipegang, dan bila diperas ada satu atau 2 tetes cairan yang keluar. Bila kompos terlalu basah (di atas batas atas), tumpukan atau pelapisan kompos seharusnya dibalik-aduk, untuk menghilangkan airnya atau ditambahkan bahan kompos yang kering untuk menyerap kelebihan air. Jika bahan kompos terlalu kering (< 45%), perlu ditambahkan air dan dibalik-aduk hingga kadar air yang sesuai dapat dicapai. Kelebihan air seharusnya dihindari. Kebutuhan udara

ditentukan oleh sifat bahan kompos dan tahap proses pengomposan. Aerasi juga memberikan suatu control untuk mendinginkan bahan kompos ketika terlalu panas. Kebutuhan udara dapat diduga dengan mengamati warna dan bau kompos. Di bawah kondisi berikut ini lebih banyak udara dibutuhkan:

1. Terdapat bau busuk pada tumpukan kompos.
2. Warna lebih terang di bagian dalam tumpukan.
3. Bahan yang dikomposkan terlalu basah.

Selama 2 minggu pertama pengomposan, seharusnya dibalik setiap 2 hari sekali, jika temperatur dipertahankan antara 35 – 60°C. Untuk 2 minggu berikutnya (minggu ke 3 – 4), pembalikan dilakukan 2 kali seminggu. Untuk 2 minggu ketiga (minggu ke 5 dan 6), pembalikan dapat dilakukan seminggu sekali. Setelah 6 minggu hingga proses kompos selesai, bahan kompos dapat dibalik sebulan sekali. Kompos yang matang dapat dicapai minimum 3 bulan.

Temperatur

Temperatur perlu dimonitor secara terus menerus selama pengomposan. Kisaran Temperatur ideal untuk pertumbuhan mikroba adalah antara 35 dan 55°C. Temperatur melebihi 60°C akan menurunkan aktivitas mikroba dan proses pengomposan. Namun, untuk pengurangan gulma dan patogen, temperatur perlu dipertahankan diatas 55°C dselama paling sedikit 3 hari. Temperatur melebihi 70°C seharusnya dihindari dengan memberikan aerasi dan pembalikan yang cukup. Temperatur melebihi 55°C biasanya akan dicapai setelah 2 – 5 hari pengomposan. Pengukuran temperatur harian seharusnya dilakukan pada 4 minggu pertama, jika temperatur sudah mulai mencapai 60°C, pengukuran harus lebih sering dilakukan agar tidak terjadi kebihan pans. Setelah pengomposan selama 4 – 6 minggu, pengamatan temperatur dapat dilakukan 1-2 kali seminggu.

Bau Tidak Sedap

Menghilangkan bau tidak sedap selama pengomposan secara menyeluruh adalah tidak mungkin. Namun, bau tidak sedap dapat diminimalisasi dengan mengikuti prosedur dasar. Setelah 5 – 6 hari pengamposan di bawah kondisi yang sesuai, bahan kompos mulai berbau tanah. Ini menunjukkan suatu proses

pengomposan yang sehat. Namun bau yang tidak menyenangkan dapat muncul karena beberapa kondisi berikut ini:

1. Kondisi aerasi yang kurang memadai, memungkinkan terjadinya proses penguraian secara anaerobik. Bila hal ini terjadi dapat diatasi dengan memberikan aerasi yang lebih sering pada proses pengomposan.
2. Bahan kompos yang memiliki rasio C:N rendah. Hal ini dapat diatasi dengan menambahkan bahan yang mengandung senyawa karbon yang lebih banyak.
3. Bahan kompos terlalu basah. Hal ini dapat diatasi dengan mengaerasi atau menambahkan bahan kering untuk menyerap kelebihan air.

Kemasakan dan Kontrol Kualitas

Meskipun tidak ada standar kualitas dan tingkat kematangan kompos yang ditetapkan, namun terdapat beberapa parameter yang dapat dijadikan acuan untuk menilai kualitas kompos seperti kadar hara (misalnya Nitrogen, Fosfor, dan Kalium), Kapasitas Tukar Kation (KTK), pH, garam larut, dan ukuran partikel. Didalam praktek, metode berikut ini dapat diterapkan untuk menilai kematangan kompos.

Setelah 3 bulan pengomposan, kumpulkan 1 sampai 3 m³ kompos dari lokasi pengomposan windrow yang berbeda (dekatan ke permukaan dan bagian bawah), campur secara keseluruhan kompos dan atur kelembaban kira-kira 50%, dan menimbun kompos ke atas untuk mendapat udara. Jika tidak ada kenaikan atau penurunan suhu yang tidak lebih dari 5°C, berarti kompos telah matang. Jika masih terjadi kenaikan suhu lebih dari 5°C, maka waktu pengomposan perlu diperpanjang. Bahan yang telah dikomposkan seharusnya memiliki kualitas akhir secara fisik adalah: bahan organik asal sudah tidak bisa dikenal lagi, warna coklat gelap sampai hitam, bahan asing kurang dari 1%, relatif porus, tidak padat dan keras, dan tidak ada bau yang tidak sedap, kompos berbau tanah.

Fase Akhir Kompos

Pada fase ini, kompos telah stabil secara sempurna dan dicirikan dengan kualitas yang telah dijelaskan di atas. Kompos seperti ini sudah siap dipasarkan atau digunakan ke lahan pertanian

Proses Screening

Jika proses penyaringan dan penggilingan tidak dilakukan secara sempurna sebelum pengomposan, maka produk akhir akan mengandung bahan-bahan yang tidak dapat didekomposisi seperti plastic, kaca, logam, kerikil, dll. Hal ini seharusnya discreening terlebih dahulu sebelum dipasarkan.

Pengeringan atau Pembasahan

Kandungan air kompos pada fase akhir seharusnya diatur kira-kira 50%. Bila melebihi maka perlu pengeringan, atau sebaliknya bila terlalu kering perlu dibasahi. Air di dalam produk akhir perlu didistribusikan secara merata dengan pencampuran yang sempurna. Menurut Standar CAN/BNQ 0413 – 200 karakteristik kompos adalah sebagai berikut:

Tabel 12. Standarisasi Karakteristik Kompos

Karakteristik	Standar
Kandungan Air	$\leq 60\%$
Kandungan bahan Organik total	$\geq 40\%$ (dari bahan kering oven)
Kandungan Benda asing	$\leq 0,5\%$ dengan diameter 12.5 mm
Kematangan	Didasarkan pada parameter Rasio C/N ≤ 25 , atau serapan Oksigen ≤ 150 kg O ₂ per kg bahan volatile per jam, atau laju perkecambahan biji di dalam kompos paling sedikit 90% dibandingkan laju perkecambahan control, dan pertumbuhan tanaman dalam campuran kompos dan tanah tidak berbeda lebih dari 50% dibandingkan dengan tanaman control

Sifat yang lain yaitu kandungan unsur mikro disajikan pada Tabel 12.

Tabel 13. Kandungan unsur mikro dalam kompos

Unsur mikro	Konsentrasi Maksimum (mg/kg) bahan kering udara
As	13
Cd	3
Co	34
Cr	210
Cu	100
Hg	0.8
Mo	5
Ni	62
Pb	150
Se	2
Zn	500

Tidak mengandung mikroba patogen seperti salmonella

Metode Pengomposan

Ada beberapa metode pengomposan yang telah dikembangkan, yaitu:

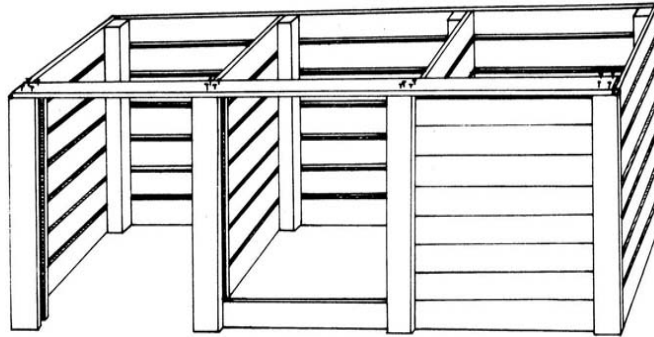
1. Metode kotak (bak) (*bin composting*).
2. Metode bedengan terbuka (*passive windrow*).
3. Metode bedengan terbuka dibalik (*turned windrow*).
4. Metode pelapisan terbuka (*aerated static piles*).
5. Metode pipa saluran (*in-vessel channels*).

Pemilihan metode yang tepat disesuaikan dengan waktu untuk menyelesaikan pengomposan, bahan dan volume yang dikomposkan, ruang yang tersedia, ketersediaan suberdaya (tenaga, dana dll) dan kualitas produk akhir yang diinginkan.

Metode Kotak/Bak (*Bin Composting*)

Pengomposan dengan metode ini dilakukan dalam bak (kotak), Kompos dihasilkan oleh proses aerasi alami dan melalui pembalikan. Campuran kompos dibalik menggunakan traktor yang dilengkapi dengan alat bongkar di depan dan di belakang. Metode kotak (bak) merupakan metode dengan teknologi rendah, tenaga yang dibutuhkan sedang dan menghasilkan kompos dengan kualitas sedang. Metode ini terutama dipakai untuk pengomposan residu.

Metode pengomposan Kotak (Bak) biasanya digunakan untuk sampah di pekarangan rumah, jumlahnya sedikit, dan untuk peternakan unggas. Pembalikan kompos akan mengurangi waktu pengomposan hingga kurang dari 2 bulan. Sampah-sampah dalam kotak harus dicampur secara merata. Pembalikan yang sering mempercepat proses pengomposan dengan memberikan bakteri aerobik yang membutuhkan oksigen untuk menghancurkan bahan-bahan tersebut. Dalam prakteknya metode ini seringkali menggunakan kotak kayu yang bersekat-sekat seperti pada Gambar 21. Pelapisan kompos dalam kotak perlu dibalik 5 – 10 hari sekali untuk mendapatkan suhu pengomposan yang tinggi antara 32 – 60°C. Tindakan ini diperlukan untuk membunuh mikroorganisme yang menyebabkan penyakit, larva, biji-biji gulma dan memberikan lingkungan yang diperlukan untuk mikroorganisme dekomposer, sehingga proses pengomposan lebih efisien.



Gambar 21. Metode Pengomposan dalam Kotak Kayu Bersekat

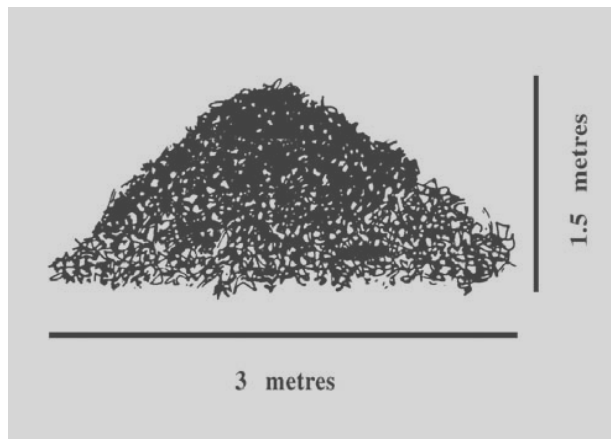
Metode Bedengan Terbuka (*Passive Windrow Composting*)

Pengomposan dengan metode ini dilakukan dengan pelapisan pada bedengan terbuka. Kompos dihasilkan dengan aerasi alami, dalam periode yang sangat lama. Metode pengomposan *passive windrow* merupakan metode pengomposan teknologi rendah dan tenaga yang dibutuhkan relatif sedikit. Perhatikan rinci seperti porositas campuran awal, keseragaman pencampuran produk, dan ukuran partikel sangat membantu kecepatan proses pengomposan dan dapat meningkatkan kualitas produk.

Pengomposan *passive windrow* merupakan pendekatan teknologi pengomposan dengan biaya sangat rendah dan memerlukan lahan lebih luas, tetapi tenaga dan modal relatif sedikit dibandingkan dengan metode lainnya. Biasanya, bahan yang dikomposkan dikumpulkan dan dilapiskan dalam bentuk bedengan. Bahan-bahan tersebut dibasahi, sebelum dilapiskan, tetapi ini tidak terlalu penting. Gambar 22 menunjukkan bentuk dan ukuran pelapisan, dengan lebar 3 meter dan tinggi 1.5 m. Panjangnya bervariasi bergantung pada jumlah bahan. Aerasi terjadi secara alami. Bila udara panas, perlu dialirkan udara segar ke dalam lapisan. Bahan-bahan baru dapat selalu ditambahkan di atas lapisan hingga jumlah yang cukup dapat membuat suatu ukuran pelapisan yang bagus.

Pada umumnya dalam prakteknya digunakan 2 pelapisan (bedengan). Pelapisan yang pertama cukup besar yang memungkinkan untuk mendekomposisi dalam jumlah besar. Limbah tambahan dapat ditambahkan pada *windrow* yang kedua. Penutupan bedengan dengan suatu lapisan kompos yang matang akan membantu mencegah kehilangan air, mengurangi masalah bau yang tidak sedap, dan

menghasilkan kompos yang lebih seragam. Pengomposan dengan metode ini dapat digunakan dari 6 bulan sampai 2 tahun. Pada pelapisan dengan ukuran yang terlalu tebal akan mengakibatkan cepat terjadi kondisi anaerobik di bagian tengah lapisan. Hal ini dapat diatasi dengan cara pembalikan untuk mendapatkan suplai oksigen baru. Bau yang tidak enak akan muncul dari bahan kompos pada bagian anaerob. Untuk mengatasi hal ini metode ini perlu diterapkan pada lahan yang luas untuk menyangga bau yang tidak sedap mengalir ke pemukiman. Pada metode ini proses pengomposan dapat dipercepat bila tersedia cukup oksigen. Secara normal pengomposan membutuhkan waktu 3 tahun untuk stabilisasi. Pada metode ini tidak ada pengontrolan secara teratur, sehingga produk kompos yang dihasilkan memiliki kualitas sedang.



Gambar 22. Metode Pengomposan Dengan Bedengan Terbuka (*open windrow*) dengan Pelapisan Berbentuk Segitiga

Metode Bedengan Terbuka Dibalik (*Turned Windrow Composting*)

Pada metode ini menggunakan aerasi mekanik. Campuran kompos diaerasi dengan suatu pembalik berangin, yang dinyalakan dengan traktor atau tenaga sendiri. Metode ini juga merupakan metode pengomposan teknologi rendah dan membutuhkan tenaga sedang serta menghasilkan kompos yang seragam.

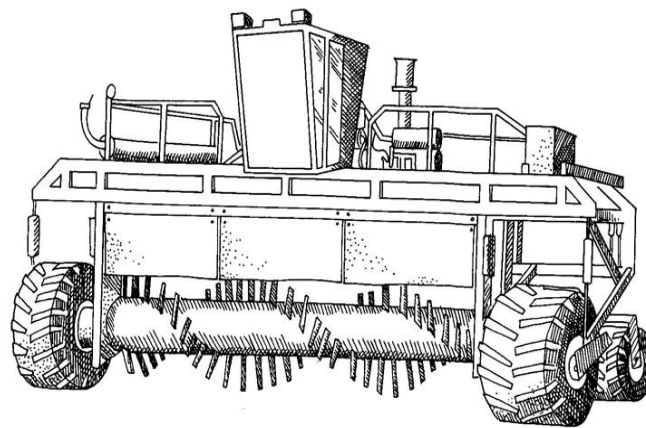
Aerasi pada metode *windrow* dapat diperoleh melalui pembalikan secara mekanik. Pembalikan dapat juga dilakukan secara manual, tetapi dipertimbangkan kurang praktis dengan volume yang lebih besar dari 1 atau 2 m³. Dekomposisi yang seragam dan penghancuran organisme patogen, dapat dicapai paling baik dengan pembalikan pelapisan dari bagian luar sampai ke bagian tengah pelapisan. Namun, jika ini tidak dapat dicapai, maka frekuensi pembalikan perlu ditingkatkan. Pembalikan seharusnya juga lebih sering dari jadwal yang telah ditentukan bila kandungan air pelapisan sangat tinggi untuk meminimalkan kondisi anaerobik. Di daerah dengan curah hujan tinggi, perlu dilakukan penutupan lapisan agar tidak terlalu basah, namun biaya untuk kegiatan ini menjadi penghambat tindakan operasional tertentu.

Cara yang lain adalah dengan mempertahankan bentuk kubah atau segitiga dari lapisan cukup efektif untuk menumpahkan kelebihan air hujan. Pada metode pengomposan *windrow*, bahan mentah dicampur dan ditempatkan dalam suatu barisan, baik secara langsung di atas tanah atau di atas permukaan yang *dipaving* atau beton. Selama periode kompos aktif, ukuran lapisan akan menurun. Setelah periode aktif, lapisan pada level yang sama kematangannya dapat digabung ke dalam barisan yang lebih besar, yang membuat ruang tambahan untuk bahan baku yang lebih banyak atau kompos.

Peralatan yang digunakan untuk pembalikan lapisan bervariasi dari pembongkar awal dan akhir atau *buldozer* terutama yang dirancang mesin pencampur. Meskipun alat pembongkar tidak mahal dibandingkan pembalik, tetapi mempunyai kecenderungan memadatkan bahan kompos sehingga kurang efisien karena dapat menghasilkan proses pengomposan yang lebih lama dan kualitas kurang konsisten. Gambar 23 menunjukkan jenis tarikan traktor yang dapat digunakan untuk membalik kompos (*compost turner*). Ada dua tipe dasar membalik lapisan. Paling umum digunakan adalah yang mempunyai seperangkat gigi (garpu)

berat yang ditempatkan di sepanjang drum berputar secara horizontal yang berfungsi mengaduk, mencampur, mengaerasi dan membentuk kembali lapisan.

Tipe yang kedua menggunakan suatu penggerak, berupa rantai meja *elevator* dilengkapi gigi tajam. Pembalik lapisan ini dapat berupa alat dengan tali yang dapat dibuka sepanjang baris atau ditarik dengan traktor yang dapat dinyalakan dan dimatikan. Lapisan seharusnya dibalik sesering mungkin pada awalnya dan kemudian pada akhir bulan pertama intervalnya dapat diperpanjang. Frekuensi pembalikan yang direkomendasikan adalah 3 kali pada 1 minggu pertama, 2 – 3 kali pada minggu kedua, 2 kali pada minggu ketiga, dan 1 kali pada minggu ke 4 dan 5 dan minggu keenam lebih dari 1 pembalikan setiap 2 minggu jika panas masih terjadi. Pengukuran temperatur dalam lapisan seharusnya digunakan patokan untuk kebutuhan pembalikan yang merangsang atau mengendalikan panas yang dihasilkan. Dengan pembalikan yang efisien menggunakan *windrow turner* (pembalik *windrow*), waktu pengomposan minimum selama 1 bulan, diikuti oleh paling sedikit 2 bulan dalam suatu lapisan pemulihan. Kompos tersebut dapat siap diaplikasikan ke lahan atau dipasarkan. Limbah-limbah seperti kotoran padat ternak, kotoran ikan dan unggas yang mati dapat dikomposkan dengan bahan pengomposan lain seperti jerami dan serbuk gergaji dan produk kertas yang dapat didaur ulang. Efisiensi pengomposan lapisan dan kualitas produk sangat bergantung pada dua faktor utama yaitu: campuran kompos awal dan praktek pengelolaan.



Gambar 23. Mesin Traktor Pencampur Bahan Kompos

Metode Pelapisan Terbuka (*Aerated State Pile Composting*)

Pengomposan dengan metode ini dilakukan dengan menimbun bahan kompos dan berangin dengan menggunakan aerasi mekanik. Lapisan ini diletakkan di atas saluran atau pipa udara, dan aerasi diperoleh dengan meniupkan udara melalui bahan kompos. Sistem aerasi pada metode ini dapat dilakukan dengan perangkat sederhana, menggunakan motor listrik, kipas angin dan pipa udara, maupun dengan perangkat yang lebih canggih dilengkapi dengan sensor dan alarm. Metode ini merupakan pengomposan dengan teknologi sedang dan tenaga rendah, kadang-kadang menghasilkan produk yang tidak seragam. Dalam beberapa sistem, aerasi mekanik dapat diberikan mendekati akhir periode kompos aktif.

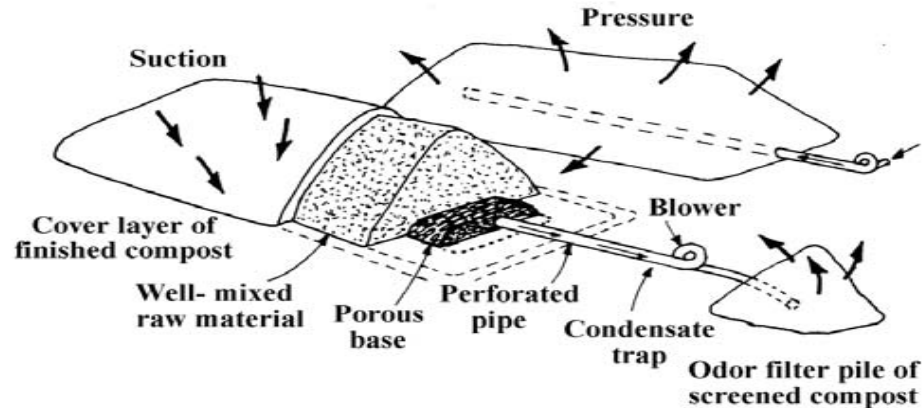
Metode pengomposan lapisan statis yang teraerasi dikembangkan oleh USDA merupakan suatu sistem yang sangat efisien. Selama beberapa tahun terakhir, metode ini telah menjadi populer pada pengomposan sampah perkotaan, tetapi belum populer di lahan pertanian. Metode pelapisan statis yang teraerasi tidak mengaduk kompos secara mekanik untuk mencapai tingkat aerasi yang diinginkan. Lapisan ini dibangun di atas suatu sumber udara seperti pipa plastik yang berlubang, alat berbentuk kerucut aerasi atau rantai yang berlubang, dan aerasi dapat dipenuhi dengan mengalirkan udara melalui lapisan kompos. Sistem aerasi ini memerlukan sumber listrik pada tempat tersebut dan menyediakan kipas untuk ventilasi, saluran-saluran dan memonitor peralatan. Peralatan monitoring menentukan waktu, lama dan arah aliran udara. Lapisan seharusnya ditempatkan pada setelah rantai tertutup dengan lapisan bahan penimbun lapisan seperti serbuk kayu atau kompos yang sudah matang.

Bahan yang dikomposkan kemudian ditambahkan, dan lapisan penutup yang berupa kompos matang ditaburkan di atas untuk memberikan penyekatan (isolasi). Ukuran lapisan yang optimum berhubungan dengan bahan yang dikomposkan, kemampuan aliran udara dan tipe peralatan penanganannya. Dalam beberapa kondisi tertentu, campuran awal ditimbun di antara pagar sementara atau penyekat jalan raya yang dapat bergerak. Ini memungkinkan fleksibilitas dengan mempertimbangkan ukuran dan lokasi lapisan di dalam wilayah kerja atau bangunan. Pengoperasian pelapisan statis yang teraerasi, waktu, lama dan pergerakan yang seragam dari udara merupakan suatu hal yang penting. Perubahan kebutuhan aliran udara bergantung pada bahan yang dikomposkan, ukuran lapisan dan umur kompos.

Kesulitan utama dengan sistem pelapisan statis adalah difusi udara yang efisien yang masuk ke seluruh lapisan, terutama dengan limbah-limbah yang dicirikan oleh distribusi ukuran partikel yang besar, kandungan air yang tinggi atau kecenderungan untuk menggumpal. Masalah lain dalam metode ini adalah pembentukan saluran di dalam lapisan yang memungkinkan udara masuk ke dalam rangkaian. Hal ini akan menyebabkan pengeringan yang berlebihan yang disebabkan oleh evaporasi air di dekat saluran. Kondisi seperti ini akan memerlukan pembalikan yang lebih sering. Pelapisan statis yang teraerasi dapat menghasilkan kompos yang bagus, jika 2 kondisi operasional dasar dipenuhi yaitu:

1. Bahan awal mempunyai porositas yang memadai.
2. Sistem aliran udara bekerja dengan baik dan memberikan aliran udara yang seragam selama periode kompos aktif di seluruh lapisan. Bila dibandingkan dengan pengomposan windrow, metode ini memerlukan tingkat manajemen dan monitoring yang berbeda. Pengomposan dengan metode windrow sering dianggap sebagai pengembangan sistem penanganan pupuk alam, ketika beberapa atau seluruh mesing-mesin pertanian dapat digunakan untuk pengomposan windrow. Metode ini memerlukan peralatan tambahan dan penyediaan infrastruktur dan aset ini digunakan untuk operasional pengomposan. Selain itu, pencampuran produk kompos awal merupakan tahapan yang penting dalam sistem pelapisan statis teraerasi ini. Sebaliknya, pencampuran dan penghalusan dikerjakan seluruhnya pada tahap pengomposan aktif dalam metode pengomposan *windrow*. Bau yang tidak sedap sering menjadi masalah operasional yang dapat mempengaruhi tipe sistem kompos, namun masalah ini sering muncul dengan sendirinya dalam sistem windrow. Sebaliknya, bila masalah bau ini muncul pada sistem ini, dapat dengan mudah diidentifikasi dan diperbaiki seluruh perangkat sistem, seperti mengubah aliran udara, memperbaiki kapasitas aliran udara, dispersi dan filter, dan menambah lapisan penutup. Dengan adanya tekanan udara negatif, udara dialirkan melalui lapisan dapat dibersihkan menggunakan biofilter sebelum dilepaskan ke atmosfer. Dengan tekanan udara positif, udara didorong melalui lapisan dan penutup bagian luar dari kompos matang membersihkan udara yang dihembuskan.

Gambar 24 menunjukkan rangkaian metode pelapisan statis teraerasi dengan menggunakan biofilter.



Gambar 24. Metode Tumpukan Diberi Aerasi/Blower Terkontrol

Metode Pipa Saluran (*in-vessel channels*)

Metode ini merupakan produksi kompos dalam drum, gudang tertutup ataupun *channel-channel* (saluran) menggunakan sistem aerasi terkontrol dengan kecepatan tinggi yang dirancang untuk memberikan kondisi optimal. Aerasi bahan tersebut dikerjakan dengan peredaran udara secara kontinue menggunakan mesin aerasi yang dioperasikan dalam teluk baja atau menggunakan kipas angin yang memberikan aliran udara dari saluran yang dibangun di dalam dasar beton. Metode ini merupakan pengomposan teknologi tinggi dan membutuhkan tenaga rendah, dan menghasilkan kompos yang seragam.

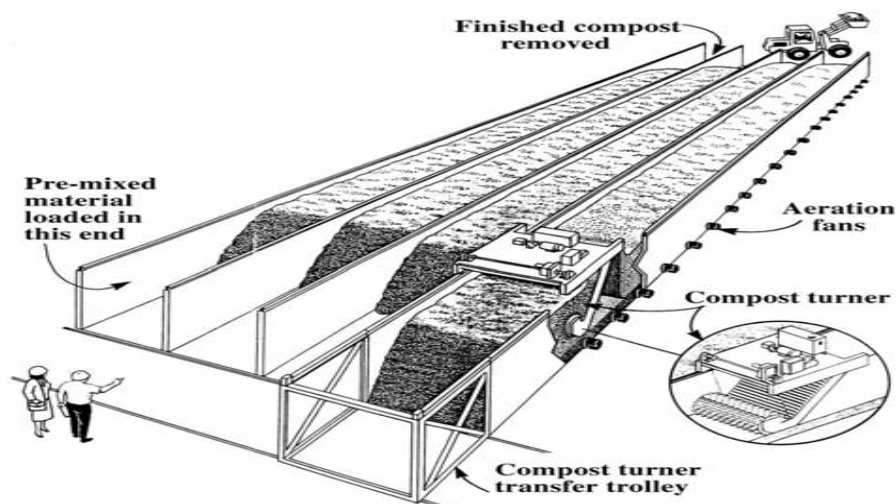
Sistem pengomposan dalam saluran ini memiliki sistem kontrol aerasi dengan kecepatan tinggi yang dirancang untuk memberikan kondisi pengomposan yang optimal dengan melibatkan pencampuran mekanik kompos dibawah kondisi lingkungan yang terkontrol. Meskipun berbagai variasi tersedia, sistem yang berbeda tersebut dapat sama dalam hal modal dan intensitas pengelolaannya. Dalam suatu sistem saluran tertutup terdiri dari 3 kategori utama:

1. Drum pemutar.
2. Tempat penyimpanan yang berbentuk persegi atau silinder.
3. Pipa Saluran.

Keuntungan utama dari sistem saluran dibandingkan dengan metode lainnya adalah memperpendek tahap mesofilik dan termofilik, efisiensi proses lebih tinggi, dan jumlah patogen menurun, menghasilkan produk akhir lebih berkualitas dan lebih aman. Selain itu memerlukan ruang yang lebih sedikit daripada metode lainnya. Namun, hal ini penting untuk dicatat bahwa seluruh sistem memerlukan stabilisasi akhir dari kompos. Kerugian dari metode saluran tertutup adalah tingginya biaya pengadaan alat dan biaya operasional yang disebabkan oleh penggunaan alat komputerisasi dan tenaga terlatih. Di dalam saluran, komposter biasanya lebih otomatis daripada sistem *windrow* atau pelapisan statis, dan dapat menghasilkan produk kualitas tinggi. Beberapa alasan mengapa memilih metode pengomposan dalam saluran dibandingkan dengan metode yang lain, adalah:

- Pengontrolan bau cukup efektif.
- Ruang yang dibutuhkan terbatas.
- Terdapat pengontrolan proses dan penanganan bahan.
- Dapat diterima dengan baik oleh masyarakat karena menciptakan lingkungan yang lebih indah.
- Memerlukan tenaga lebih sedikit.
- Kualitas produk lebih konsisten.

Gambar 25 menunjukkan contoh pemasangan sistem pengomposan dalam saluran, yang terdiri dari 4 saluran, dengan bagian dasar teraerasi. Waktu retensi diperkirakan 3 minggu sebelum bahan kompos diperlakukan. Kapasitas operasi mulai dari beberapa ton sampai ratusan ton per hari.



Gambar 25. Pengomposan Sistem 4 Channel

Penyimpanan Kompos

Kompos merupakan sumber hara yang dapat dengan mudah tercuci melalui tanah menuju ke sumber air tanah (*ground water* atau tercuci menuju ke aliran air melalui *run off*). Untuk meminimalkan potensi kehilangan hara dari kompos menuju ke lingkungan sekitarnya, maka lapisan kompos seharusnya diletakkan di atas tanah yang telah disemen atau dipadatkan untuk mencegah kehilangan melalui pencucian. Bila memungkinkan letakkan pada suatu tempat berpagar dan beratap yang terhindar dari panas dan hujan. Bila lapisan kompos berada di daerah lereng bagian atas sebaiknya dipindahkan ke tempat di bagian bawah untuk menghindari aliran permukaan yang membawa partikel kompos. Pada pabrik-pabrik kompos, kompos yang telah jadi dikemas dalam plastik untuk menghindari kehilangan hara.

BAB VII

SISTEM PENGENDALIAN HAMA TERPADU

Isu pelestarian lingkungan kini begitu kuat mempengaruhi berbagai aspek kehidupan, sehingga segala usaha atau tindakan yang berkaitan dengan pembangunan perlu memasukkan unsur pelestarian lingkungan di dalamnya. Berkaitan dengan itu, teknologi pertanian yang banyak menimbulkan efek negatif terhadap keseimbangan ekosistem perlu ditinjau kembali untuk dicarikan jalan keluar atau penggantinya. Pertanian organik, Pengendalian Hama Terpadu (PHT), dan Biopestisida merupakan cara alternatif menuju pertanian berwawasan lingkungan.

Pestisida merupakan bahan pencemar paling potensial dalam budidaya tanaman. Oleh karena itu peranannya perlu digantikan dengan teknologi lain yang berwawasan lingkungan. Pemakaian bibit unggul, pupuk organik, dan pestisida memang mampu memberikan hasil yang tinggi. Namun, tanpa disadari praktek ini telah menimbulkan masalah dalam usaha pertanian itu sendiri maupun terhadap lingkungan. Pestisida, menurut UU no. 12 tahun 1992, adalah: ***"zat atau senyawa kimia, zat pengatur dan perangsang tumbuh, bahan lain, serta organisme renik dan virus yang digunakan untuk melindungi tanaman"***. Biopestisida ***"merupakan pestisida yang bersumber pada bahan-bahan alami seperti tumbuhan, hewan, dan mikroba; pada umumnya mudah terurai dan spesifik sehingga lebih aman dan tidak menimbulkan pencemaran lingkungan"***.

Konsep *Pengendalian Hama Terpadu* (PHT) merupakan suatu teknologi yang berusaha menekan kerugian hasil pertanian akibat gangguan jasad pengganggu tanaman (*pest*) seefisien mungkin dengan tetap menjaga terwujudnya kelestarian lingkungan. PHT merupakan sistem pengendalian dengan mengkombinasikan berbagai cara pengendalian yang dapat diterapkan menjadi satu kesatuan program yang serasi agar populasi hama tetap selalu berada dalam keadaan tidak menimbulkan kerugian ekonomi dan aman bagi lingkungan. PHT pada prinsipnya menekankan penggunaan pestisida secara bijaksana, artinya penggunaan pestisida dilakukan apabila populasi hama sudah mencapai ambang ekonomi, aplikasinya tidak menimbulkan dampak yang merugikan bagi lingkungan, serta penggunaan

pestisida merupakan pilihan terakhir apabila cara-cara pengendalian lainnya telah dicoba dan tidak menampakkan hasil yang memuaskan.

Teknologi PHT bukan saja merupakan pengetahuan yang harus dimiliki oleh mereka yang berkecimpung di bidang perlindungan tanaman, tetapi juga oleh mereka yang bekerja di bidang penyuluhan dan pengembangan pertanian secara umum.

Mengapa Harus PHT ?

Latar belakang timbulnya konsep *Pengendalian Hama Terpadu* (PHT) erat kaitannya dengan kebutuhan untuk melaksanakan PHT dalam usaha mengendalikan jasad pengganggu tanaman (*pest*), timbulnya gagasan untuk melaksanakan PHT didorong oleh pengalaman yang menunjukkan bahwa cara pengendalian hama yang terlalu menitik-beratkan pada penggunaan pestisida dapat menimbulkan beberapa persoalan; berupa dampak negatif terhadap lingkungan hidup.

Kecenderungan pemakaian pestisida dari petani-petani sekitar periode 1940-1950 di Amerika Serikat dan negara-negara Eropa lain mengakibatkan dampak negatif yang tidak diinginkan, yaitu terganggunya keseimbangan lingkungan. Kehebatan insektisida *Dichloro Diphenyl Trichloroethane* (DDT) antara lain telah mendorong memperluas pemakaian pestisida secara besar-besaran, sehingga tidak ada pertimbangan ekologis maupun ekonomis dalam pemakaiannya.

Sebetulnya cara pengendalian dengan menggunakan pestisida dapat mengatasi persoalan hama, karena dibandingkan dengan cara pengendalian lain maka pestisida memiliki daya bunuh hama yang tinggi dan lebih praktis penggunaannya. Tetapi dengan pemakaian pestisida secara terus-menerus dalam mengendalikan hama, muncullah beberapa masalah seperti:

a. Terjadinya Hama Resisten.

Hama sudah tidak mati lagi oleh pestisida dengan dosis atau konsentrasi yang biasa. Contoh hama ulat kubis *Plutella xylostella* yang resisten terhadap DDT.

b. Munculnya resurgensi hama.

Peristiwa resurgensi hama muncul apabila setelah perlakuan dengan pestisida, ternyata hama sasaran yang mula-mula populasinya menurun tetapi kemudian meningkat kembali jauh lebih tinggi daripada tingkat populasi sebelum diadakan perlakuan dengan pestisida. Penyebab timbulnya resurgensi adalah matinya musuh-musuh alami atau mungkin pengaruh fisiologis akibat penggunaan suatu

jenis pestisida pada hama itu mendorong hama tersebut berkembang lebih banyak dari biasanya. Contoh beberapa jenis pestisida dilaporkan telah menimbulkan peristiwa resurgensi terhadap hama wereng coklat (*Nilaparvata lugens*).

c. *Munculnya Hama-Hama Sekunder.*

Yang semula bukan merupakan hama penting, kemudian menjadi hama penting. Contoh munculnya hama ganjur (*Orseolia oryzae*) di persawahan Jawa Barat setelah dilakukan penyemprotan dengan suatu pestisida dalam mengendalikan hama pengerek batang padi (*Tryporyza innotata*). Juga wereng coklat muncul menggantikan hama pengerek batang padi yang mungkin disebabkan oleh penggunaan pestisida yang intensif dalam menekan hama penggerek batang padi tersebut.

d. *Musnahnya Musuh-Musuh Alami.*

Dengan timbulnya hambatan-hambatan tersebut di atas maka timbul pemikiran agar metode pengendalian hama harus diusahakan disamping dapat memenuhi persyaratan segi ekonomi, juga harus memenuhi persyaratan ditinjau dari segi kelestarian lingkungan (ekologi). Sehubungan dengan itu timbullah konsepsi baru pengendalian yang menyatakan bahwa usaha pengendalian terhadap jasad pengganggu tanaman tidak identik dengan penyemprotan pestisida saja, ini berarti ada cara-cara lain yang dapat dilakukan. Metode ini mula-mula muncul cara pengendalian hayati yang digabungkan dengan cara kimia, kemudian dikembangkan lagi secara luas dengan memilih beberapa cara pengendalian yang dapat dipadukan dengan serasi dalam usaha mengendalikan hama tanaman dan lebih ditekankan pada aspek ekonomi, ekologi, dan sosiologi. Konsep inilah yang disebut sebagai Pengendalian Hama Terpadu (PHT), yang pertama kali dicetuskan oleh Stem, Smith, Van den Bosch dan Hagen (1959) dari University of California Amerika Serikat.

e. *Residu Pestisida Pada Tanaman*, sebagai sumber makanan manusia ataupun pakan ternak.

f. *Kecelakaan Karena Pestisida (Keracunan).*

Pestisida dapat terisap, tertelan, kena mata, atau meresap ke dalam kulit yang dapat terjadi pada pemakai, pelaksana, atau melalui makanan pada konsumen sehingga dapat menimbulkan kasus keracunan.

Apa Itu PHT ?

Kata *Pengendalian Hama Terpadu* (disingkat PHT), juga disebut *Pengendalian Jasad Pengganggu secara Terpadu*, adalah terjemahan dari kata "*Integrated Pest Control (IPC)*" atau "*Integrated Pest Management (IPM)*" yang pada prinsipnya berarti memadukan beberapa taktik pengendalian yang terpilih dalam suatu strategi pengendalian hama atau jasad pengganggu tanaman. Kata "*Pest Management*" dapat diartikan dengan pengelolaan hama atau ilmu mengenai pengelolaan hama. Dalam simposium yang diselenggarakan oleh The United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) di Roma (1965), telah disepakati bahwa kata "*Pest Management*" adalah sinonim dengan "*Integrated Pest Control*".

Sampai saat ini banyak ahli memberikan definisi dan batasan tentang PHT, namun pada dasarnya mengandung prinsip yang lama. Berikut ini disampaikan beberapa definisi yang mewakili tentang pengertian PHT, antara lain:

1. Pengelolaan Hama Terpadu adalah pengelolaan protektif pada spesies yang merugikan dengan melakukan evaluasi dan konsolidasi semua teknik pengendalian yang tersedia ke dalam suatu program yang terpadu, untuk mengelola populasi hama sedemikian rupa sehingga kerusakan ekonomi dapat dihindari dan pengaruh samping bagi lingkungan yang merugikan dapat ditekan seminimal mungkin (NAS, 1989).
2. Pengelolaan Hama Terpadu adalah pemilihan secara cerdas tindakan pengendalian hama yang dapat menjamin hasil atau konsekuensi yang menguntungkan dilihat dari segi ekonomi, ekologi dan sosiologi (Rabb, 1972).
3. Pengendalian Hama Terpadu adalah pendekatan ekologi yang multidisiplin terhadap pengelolaan populasi hama yang memanfaatkan beraneka ragam taktik pengendalian secara kompakibel dalam suatu kesatuan koordinasi sistem pengelolaan (Smith, 1978).
4. Pengendalian Hama Terpadu adalah menerapkan semua cara pengendalian yang kompakibel untuk menurunkan dan mempertahankan populasi organisme pengganggu di bawah batas yang menyebabkan kerusakan ekonomi, untuk menstabilkan produksi pada taraf yang tinggi, tidak merusak lingkungan dan menguntungkan (Anonymous, 1984).

Dari ke empat batasan tersebut di atas dapat diartikan bahwa *Pengendalian Hama Terpadu* (PHT) mempunyai beberapa ciri atau sifat dasar yang membedakan dengan pengendalian hama secara tunggal atau konvensional, ciri-ciri tersebut adalah:

1. Tujuan utama PHT bukanlah pemusnahan, pembasmian atau pemberantasan hama; tetapi pengendalian populasi hama agar tetap berada di bawah ambang yang dapat merugikan. Strategi PHT bukanlah eradikasi hama tetapi pembatasan populasi hama. Pandangan yang menyatakan bahwa setiap hama yang berada di lapangan harus diberantas adalah keliru dan tidak sesuai dengan prinsip PHT.
2. Dalam melaksanakan pengendalian hama digunakan metode atau teknik pengendalian yang dikenal, tidak tergantung pada satu cara pengendalian tertentu. Semua teknik pengendalian dikombinasikan secara terpadu dan kompak dalam satu kesatuan pengelolaan.
3. Dalam mencapai sasaran utama PHT yaitu mempertahankan populasi hama di bawah ambang kerusakan ekonomi, produktivitas pertanian dapat diusahakan pada tingkat yang tinggi, pelaksanaan PHT harus didukung oleh kelayakan sosial ekonomi masyarakat setempat, dan secara ekologi harus dapat dipertanggungjawabkan.

Landasan Utama PHT

Pengendalian Hama Terpadu (PHT) merupakan suatu metode pengendalian yang serasi yang senantiasa berlandaskan pada aspek-aspek ekonomis, ekologis dan sosiologis.

1. Aspek Ekonomis:

Ditinjau dari segi ekonomis maka pelaksanaan PHT adalah suatu usaha menekan populasi hama sampai pada batas di bawah ambang ekonomi, dengan tujuan untuk memperoleh produksi tanaman secara optimum dengan biaya serendah mungkin. Oleh karena itu penentuan ambang ekonomi setiap hama pada setiap tanaman adalah penting, bila sewaktu-waktu perlu melakukan tindakan pengendalian khususnya dengan menggunakan pestisida.

Salah satu syarat penting dalam pelaksanaan PHT adalah menggunakan ambang ekonomi dalam mengambil keputusan tindakan pengendalian. Dengan

adanya informasi mengenai ambang ekonomi ini maka tindakan pengendalian hama dilakukan sedini mungkin sebelum hama menimbulkan kerugian. Dengan demikian maka biaya pengendalian akan dapat ditekan serendah mungkin dengan harapan akan diperoleh hasil atau keuntungan yang optimum.

2. Aspek Ekologis:

Dalam melaksanakan PHT terlebih dahulu perlu ditelaah mengenai hubungan timbal balik antara hama yang ada di agroekosistem dengan faktor-faktor lingkungan, apakah faktor fisik ataupun hayati. Gangguan terhadap keseimbangan ekosistem yang disebabkan oleh tindakan manusia sendiri yang kurang bijaksana akan dapat mengakibatkan munculnya letusan hama, hal ini kebanyakan karena punahnya musuh-musuh alami di lapangan.

Kurangnya informasi mengenai keadaan lingkungan, khususnya mengenai ekosistem pertanian setempat termasuk keadaan hamanya, akan merupakan penghalang bagi berhasilnya pelaksanaan PHT. Dari segi ekologis, maka segala tindakan dalam pelaksanaan PHT berusaha agar semua faktor lingkungan membantu dan menunjang dalam menekan perkembangan populasi hama. Caranya antara lain dengan mengusahakan serta memanipulasi unsur-unsur lingkungan agar menjadi tidak sesuai bagi perkembangan hama, mengusahakan cara-cara pengendalian yang tidak menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan, dan meningkatkan kemampuan serta mempertahankan kelangsungan hidup musuh-musuh alami hama di lapangan.

3. Aspek Sosiologis:

PHT merupakan teknologi yang berusaha untuk mempertahankan produksi pertanian dalam taraf yang tinggi guna meningkatkan pendapatan para petani atau pelaku usahatani.

Sebagai sasaran serta pelaksana PHT di lapangan maka petani harus diberikan pengetahuan yang luas mengenai cara-cara mengendalikan hama dengan baik. Cara PHT merupakan teknologi pengendalian hama yang perlu dimiliki dan dimengerti serta mampu dilaksanakan oleh petani. Oleh karena itu pelaksanaannya harus disesuaikan dengan kemampuan petani, pengetahuan dan pengalamannya; sehingga petani mengerti dan mampu melaksanakannya. Guna mensukseskan hal

tersebut maka diperlukan dukungan dan bimbingan yang seksama dari unsur-unsur terkait mulai dari pemerintah, penyuluh, tenaga ahli, serta petani itu sendiri. Dengan demikian maka para pendukung dan pembina petani harus terlebih dahulu memahami konsep PHT. Keadaan pertanian, juga kepemilikan lahan, adanya dukungan semua pihak yang terkait dengan pembangunan pertanian secara umum merupakan faktor yang perlu diperhitungkan dalam usaha penyampain konsep PHT. Telah banyak konsep dan metode pengendalian hama diciptakan oleh para ahli namun dalam penerapannya masih sering terkendala oleh faktor sarana dan prasarana yang tersedia di tingkat petani, agar metode tersebut dapat diterapkan pada tingkat petani maka haruslah diciptakan teknologi pengendalian yang tersedia sarana dan prasarananya di tingkat petani (teknologi tepat guna).

Unsur-Unsur Dasar PHT

Terdapat 4 (empat) unsur dasar (*Basic Element*) yang terdapat dalam setiap program Pengendalian Hama Terpadu (PHT), yaitu:

1. Pengendalian Alamiah (*Natural Control*)

Pengendalian secara alamiah berarti pengendalian dengan menggunakan musuh-musuh alami, seperti predator, parasit dan patogen atau pengendalian secara hayati (biologis) di alam. Pengendalian alamiah yang dimaksud adalah penekanan dalam jangka panjang terhadap populasi hama yang disebabkan karena bekerjanya semua faktor-faktor yang terdapat di lingkungan secara keseluruhan. Perkembangan populasi di alam tidaklah akan terjadi bahwa populasi itu bertumbuh banyak tanpa batas, melainkan mempunyai batas atas dan batas bawah dan biasanya populasi berfluktuasi antara kedua batasan tersebut, istilah umum untuk menggambarkan keadaan ini disebut "keseimbangan populasi". Keseimbangan populasi dapat diartikan seperti suatu system peredaman "*buffering system*", artinya bilamana dalam kondisi tertentu populasi itu menaik atau menurun dari tingkat populasi normal, maka ada kecenderungan untuk kembali pada posisi keseimbangan semula. Pada umumnya tingkat populasi tersusun dan dipertahankan dalam berbagai tipe lingkungan berturut-turut oleh faktor-faktor fisik dan hayati (biologi). Perbuatan manusialah yang menyebabkan perubahan atau hilangnya keseimbangan ini, namun

demikian kemampuan manusia pula yang dapat merubah dan menciptakan kondisi lingkungan yang kurang sesuai bagi perkembangan hama, dan ini merupakan harapan terlaksananya PHT dengan sukses.

2. Pengambilan Contoh (Sampling)

Perencanaan Pengambilan contoh (sampling) yang baik dan tidak berat sebelah merupakan syarat dalam melaksanakan pengendalian hama yang rasional dan khususnya untuk PHT secara sempurna. Metode sampling bertujuan untuk mengetahui perkiraan jumlah hama dan tingkat kerusakannya, hal ini merupakan keharusan mutlak guna dipakai sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengendalian. Merupakan suatu keharusan untuk mengetahui tingkat populasi hama dan ambang ekonominya sehingga keputusan yang dilaksanakan dalam PHT mempunyai arti yang memadai.

Pada umumnya program PHT menggunakan metode pengambilan contoh yang paling sederhana guna mendapatkan informasi yang diperlukan dalam rangka menetapkan keputusan untuk dilaksanakannya pengendalian. Tipe-tipe pengambilan contoh yang dapat dilakukan, antara lain metode acak (*random*), berturut-turut (*sequential*), berdasarkan luasan tertentu (*point*) dan memakai perangkap (*trap sampling*). Penentuan populasi suatu hama dapat diketahui dengan menghitung jumlah hama yang ada atau menghitung kerusakan yang ditimbulkannya dan selanjutnya dihubungkan dengan populasi dari hama tersebut.

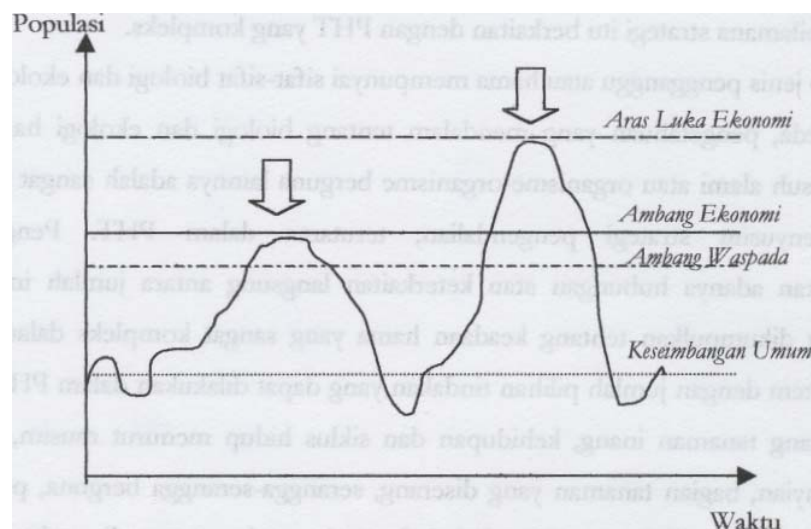
Bilamana data yang diperoleh dari pengambilan contoh akan digunakan secara efektif maka data-data tersebut harus dicatat oleh pengamat dalam "lembar pengamatan". Lembar pengamatan harus dibuat sedemikian rupa sehingga dapat memberikan informasi yang diperlukan baik tentang hama maupun musuh alaminya, identifikasi lapangan, tanggal pengambilan contoh, dan komentar yang ada hubungannya dengan pengumpulan data, juga data-data tentang tanaman atau bagian tanaman yang terserang. Daftar catatan yang direncanakan dengan baik dan pengamatan secara teratur merupakan syarat utama dalam melaksanakan PHT.

3. Tingkat Ekonomik/Ambang Ekonomi (Economic Threshold)

"Tingkat Ekonomik" atau "Ambang Ekonomik" adalah tingkat populasi terendah hama yang dapat menyebabkan terjadinya kerugian secara ekonomi,

sehingga pengendalian perlu mulai dilaksanakan guna mencegah kerusakan ekonomis lebih lanjut dari tanaman yang diusahakan. Ambang ekonomi juga dapat diartikan sebagai batas yang menunjukkan kepadatan suatu populasi hama tertentu yang bisa menimbulkan kerugian bila dibiarkan terus, sehingga perlu segera dilakukan tindakan pengendalian. Ambang ekonomi dapat pula dinyatakan sebagai persentase kerusakan tanaman oleh hama yang menunjukkan bahwa kerusakan tersebut pada persentase tertentu harus segera dilakukan pengendalian.

Pada tingkat populasi mencapai ambang ekonomik maka saatnya melakukan tindakan pengendalian, sebab jika tidak maka kemungkinan akan terjadi kerusakan atau kerugian ekonomi karena populasi akan terus meningkat mencapai tingkat "Aras Luka Ekonomik" (*Economic Injury Level*), yaitu keadaan tingkat populasi hama benar-benar menimbulkan kerusakan atau kerugian secara ekonomik.



Gambar 26. Grafik Skematis Kedudukan Aras Luka Ekonomik dan Ambang Ekonomi.

Menurut konsep Ambang Ekonomi, pengendalian hama dengan "Pestisida" hanya dilakukan apabila perkembangan populasi hama telah menunjukkan peningkatan sampai menyamai atau melebihi Ambang Ekonomi. Setelah aplikasi pestisida dilaksanakan, diharapkan populasi hama dapat kembali turun sampai di bawah Ambang Ekonomi.

4. *Biologi dan Ekologi Hama:*

Hama menjadi pusat perhatian penting dalam program PHT, bilamana mempelajari hama secara mendalam akan didapat jawaban mengenai hama itu apa, kapan dan di mana ditemukan, apa yang dilakukannya (sifat dan perilakunya). Informasi di atas sangat penting untuk menentukan tindakan apa yang dipandang paling tepat dalam setiap cara pengendalian hama dalam agroekosistem khususnya bilamana strategi itu berkaitan dengan PHT yang kompleks.

Setiap jenis pengganggu atau hama mempunyai sifat-sifat biologis dan ekologis yang berbeda-beda, pengetahuan yang mendalam tentang biologi dan ekologi hama dan musuh-musuh alami atau organisme-organisme berguna lainnya adalah sangat penting dalam menyusun strategi pengendalian, terutama dalam PHT. Pengalaman menunjukkan adanya hubungan atau keterkaitan langsung antara jumlah informasi yang dapat dikumpulkan tentang keadaan hama yang sangat kompleks dalam suatu agroekosistem dengan jumlah pilihan tindakan yang dapat dilakukan dalam PHT. Data aspek tentang tanaman inang, kehidupan dan siklus hidup menurut musim, tempat persembunyian, bagian tanaman yang diserang, serangga-serangga berguna, pengaruh iklim dan tanah adalah sebagian dari informasi penting yang digunakan dalam menentukan kebijaksanaan pengendalian hama yang baik dan tepat.

Telah disebutkan di atas bahwa dengan memanipulasi sedikit agroekosistem, sehingga menjadikan lingkungan itu kurang baik bagi hama atau lebih menguntungkan bagi serangga berguna ataupun keduanya. Pelaksanaan PHT akan lebih meningkat bilamana lebih banyak terkumpul data biologi dan ekologi hama maupun serangga berguna dengan lingkungannya secara menyeluruh.

Komponen Utama PHT

Komponen-komponen utama PHT atau "*Basic Component*" merupakan metode-metode pengendalian hama yang telah dikenal. Cara-cara pengendalian hama secara tunggal yang telah diketahui kemudian dipadukan dalam program PHT, cara ini sebagian besar telah dilaksanakan dalam tahap pengendalian hama, dengan memadukan beberapa cara-cara pengendalian komponen tunggal ini ke dalam suatu program PHT akan dapat memberikan tekanan yang lebih baik terhadap spesies

hama kunci dan dalam waktu yang bersamaan tidak lagi mengandalkan hanya dengan cara tunggal tersebut.

Cara-cara pengendalian yang sekarang diketahui dan memberikan hasil yang efektif antara lain ialah pengendalian kultur teknik, pengendalian hayati, pengendalian kimiawi, ketahanan atau resistensi tanaman inang, pengendalian fisik dan mekanis dan penanggulangan dengan peraturan perundang-undangan. Selain itu terdapat pula komponen-komponen potensial yang dapat dilaksanakan dalam sistem PHT, antara lain teknik jantan mandul (*Chemosterilant*), penggunaan senyawa kimia yang menghambat pertumbuhan hama (*Insect Growth Regulators*), penggunaan *Feromon Sex*, penggunaan pestisida alami (*Biological Pesticide*), dan sebagainya. Dalam menerapkan metode-metode tersebut baik secara sendiri-sendiri maupun gabungan atau kombinasi bersama-sama ataupun beraturan perlu mengetahui tentang agroekosistem, serta biologi dan ekologi hama.

Usaha Penerapan Konsep PHT di Tingkat Petani

Pengendalian hama pada prinsipnya adalah menjadi tanggung jawab petani. Petani sendiri menginginkan agar tanamannya tidak mendapat gangguan hama, oleh karena itu cara-cara pengendalian hama yang lebih baik perlu mereka miliki.

Di Indonesia konsep PHT sudah diintroduksi sejak tahun 1979, meskipun sebelum itu cara-cara pengendalian yang dipadukan sudah pula dilaksanakan dalam mengendalikan beberapa jenis hama. Usaha pemerintah dalam mengintroduksi penerapan teknologi PHT sampai pada tingkat petani telah dibentuk institusi-institusi khusus mengenai perlindungan tanaman beserta tenaga-tenaga pelaksananya yang bekerja di bidang penelitian, pengaturan dan penyuluhan.

Penyampaian informasi mengenai suatu teknologi dari para peneliti kepada para penyuluh tidak banyak menemui kesulitan. Tetapi penyampaian informasi teknologi dari penyuluh kepada masyarakat tani merupakan suatu pekerjaan yang tidak mudah. Di samping adanya perbedaan kondisi sosial ekonomi antara penyuluh dan petani yang dapat merupakan rintangan, juga terdapat faktor lain yang ada pada diri petani yang dapat ikut mempengaruhi penerapan suatu teknologi. Faktor tersebut di antaranya sejauh mana keadaan dalam dirinya dapat menimbulkan dorongan untuk berusaha memperoleh suatu teknologi baru karena adanya suatu

kebutuhan. Atau sejauh mana tingkat pengetahuannya dalam menunjang penerimaan suatu teknologi baru dan sejauh mana kemampuan mereka untuk mengubah sikap. Penyampaian informasi kepada petani dapat dilakukan oleh para penyuluh atau peneliti melalui sekolah lapangan yang sedang dikembangkan saat ini.

Pola Pendekatan Sekolah Lapangan terdiri dari beberapa aspek di bawah ini:

1. Lahan adalah sarana belajar:
Seluruh kegiatan belajar-mengajar dilakukan di lahan, bukan dikelas.
2. Cara belajar lewat pengalaman:
Seluruh kegiatan oleh petani dimulai dengan penghayatan langsung dilapangan, pengungkapan pengalaman, pengkajian hasil dan perumusan kesimpulan melalui pola latihan partisipatif, yang memungkinkan petani menemukan sendiri konsep SPB SPO.
3. Pengkajian dan Pengambilan Keputusan:
Proses latihan diarahkan agar petani aktif menganalisis keadaan agro-ekosistem sehingga mampu mengambil keputusan yang tepat, terutama berkaitan dengan Pemupukan dan pengendalian OPT.
4. Latihan sepanjang musim:
SL dilaksanakan satu musim tanam guna menerapkan konsep SPB / SPO secara utuh mulai persiapan sampai panen.
5. Terkait dengan Sistem Bimbingan dan Penyuluhan:
Kegiatan SL mingguan sesuai pola penyuluhan.
6. Perencanaan dari bawah:
Kegiatan dan kurikulum sesuai kebutuhan setempat.
7. Kurikulum yang rinci dan terpadu:
Materi berdasar pada materi yang berprinsip SPB / SPO yang telah teruji dan konsisten.



Gambar 27. Contoh Kegiatan Sekolah Lapangan PHT

Keberhasilan penerapan konsep PHT kepada petani melalui sekolah lapangan di suatu wilayah tidak tergantung dari penyuluh atau pengamat yang memberikan bimbingan mengenai pelaksanaan PHT serta petani sebagai penerima dan sekaligus pelaku PHT saja, tetapi juga tergantung dari tersedianya dana, peralatan, organisasi yang memadai serta adanya peran partisipasi aktif dari semua pihak yang terkait dengan pengembangan pembangunan pertanian di suatu wilayah tersebut. Oleh karena itu maka sejak awal mereka dituntut untuk mempelajari dan memahami konsep Pengendalian Hama Terpadu (PHT).



Gambar 28. Sistem Pengendalian Hama Terpadu di Lahan Sawah

BAB VIII

TEKNOLOGI BIOPESTISIDA

Dampak Negatif Penggunaan Pestisida Sintetik

Kerugian yang dialami sektor pertanian Indonesia akibat serangan hama dan penyakit mencapai miliaran rupiah dan menurunkan produktivitas pertanian sampai 20%. Sebagian besar petani Indonesia menggunakan pestisida kimia untuk mengatasi masalah tersebut. Upaya tersebut memberikan hasil yang cepat dan efektif. Kenyataan ini menyebabkan tingkat kepercayaan petani terhadap kemampuan pestisida kimia sangat tinggi. Sejalan dengan hal itu, promosi dari perusahaan pembuat pestisida yang sangat gencar semakin meningkatkan ketergantungan petani terhadap pestisida kimia.

Seperti halnya kebutuhan pupuk yang terus meningkat, kebutuhan pestisida juga memperlihatkan pertumbuhan pesat tiap tahun. Rata-rata peningkatan total konsumsi pestisida per tahun tercatat mencapai 6,33%. Kenyataan di lapangan diperkirakan dapat mencapai lebih dari 10–20%. Di lain pihak, penggunaan pestisida kimia yang berlebihan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan manusia. Keseimbangan alam terganggu dan dapat mengakibatkan timbulnya hama yang resisten, ancaman bagi predator, parasit, ikan, burung dan satwa lain. Salah satu penyebab terjadinya dampak negatif pestisida terhadap lingkungan adalah adanya residu pestisida di dalam tanah sehingga dapat meracuni organisme nontarget, terbawa sampai ke sumber-sumber air dan meracuni lingkungan sekitar. Residu pestisida pada tanaman dapat terbawa melalui mata rantai makanan, sehingga dapat meracuni konsumen, baik hewan maupun manusia.

Petani selama ini tergantung pada penggunaan pestisida kimia untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman. Selain yang harganya mahal, pestisida kimia juga banyak memiliki dampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Dampak negatif dari penggunaan pestisida kimia antara lain adalah:

1. Hama menjadi kebal (resisten).
2. Peledakan hama baru (resurgensi).
3. Penumpukan residu bahan kimia di dalam hasil panen.
4. Terbunuhnya musuh alami.
5. Pencemaran lingkungan oleh residu bahan kimia.

6. Kecelakaan bagi pengguna.

Keracunan akibat kontak langsung dengan pestisida dapat terjadi pada saat aplikasi. *Organisasi Kesehatan Dunia* (WHO) sampai tahun 2000 mencatat sedikitnya terjadi tiga juta kasus keracunan pestisida setiap tahun dengan 220.000 korban jiwa.

Biopestisida sebagai Alternatif Pestisida Masa Depan

Sejumlah dampak negatif penggunaan pestisida seperti disebutkan di atas, mendorong dibuat metode lain yang dapat dilakukan untuk mengurangi penggunaan pestisida dalam usaha pengendalian hama dan penyakit tanaman. Harga pestisida kimia sintetis cukup tinggi sehingga membebani biaya produksi pertanian. Dalam hitungan petani, biaya komponen pestisida mencapai 25 – 40% dari total biaya produksi. Harga pestisida kimia yang tinggi disebabkan bahan aktif pestisida masih diimpor dan umumnya menggunakan pelarut bahan bakar minyak. Depresiasi nilai rupiah terhadap dolar Amerika menyebabkan harga pestisida kimia semakin tidak terjangkau oleh petani.

Dalam kondisi pertanian Indonesia saat ini dengan harga komponen pestisida yang tinggi, maka dapat diramalkan bahwa usaha tani menjadi tidak menguntungkan karena tidak dapat diandalkan sebagai sumber pendapatan yang layak. Kondisi tersebut tentu saja amat merugikan pembangunan bidang pertanian. Di samping itu kebijakan global dalam pembatasan penggunaan bahan aktif kimia pada proses produksi pertanian pada gilirannya akan sangat membebani pertanian di Indonesia.

Tingkat ketergantungan pertanian Indonesia terhadap pestisida kimia akan membawa dampak negatif pada upaya ekspansi komoditas pertanian ke pasar bebas, yang seringkali menghendaki produk bermutu dengan tingkat penggunaan pestisida yang rendah. Dengan demikian secara berangsur-angsur harus segera diupayakan pengurangan penggunaan pestisida kimia buatan pabrik dan mulai beralih kepada jenis-jenis pestisida hayati yang aman bagi lingkungan.

Biopestisida

Pestisida menurut UU no. 12 tahun 1992 adalah zat atau senyawa kimia, zat pengatur dan perangsang tumbuh, bahan lain, serta organisme renik dan virus yang

digunakan untuk melindungi tanaman. Biopestisida merupakan pestisida yang bersumber pada bahan-bahan alami seperti tumbuhan, hewan, dan mikroba; pada umumnya mudah terurai dan spesifik sehingga lebih aman dan tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Bahan-bahan yang dapat dimanfaatkan untuk biopestisida antara lain adalah:

1. Pohon neem (*Azadirachta indica*) atau mindi. Pohon mindi mengandung senyawa *limonoid* yang merupakan bioaktif pestisida yaitu senyawa *tetranortriter penoid azadirachtin* yang ampuh melindungi tanaman terhadap serangga perusak.
2. Kulit kepiting. Pestisida dari kulit kepiting dinamakan *clandosin* yang pada umumnya digunakan sebagai nematisida.
3. Mikroba. Baik virus, jamur, maupun bakteri secara langsung atau tidak dapat mengganggu dan mematikan serangga.

Berdasarkan asalnya, biopestisida dapat dibedakan menjadi dua yakni pestisida nabati dan pestisida hayati.

Pestisida Nabati

Pestisida nabati merupakan hasil ekstraksi bagian tertentu dari tanaman baik daun, buah, biji atau akar berupa senyawa atau metabolit sekunder dan memiliki sifat racun terhadap hama dan penyakit tertentu. Pestisida nabati pada umumnya digunakan untuk mengendalikan hama (bersifat insektisidal) maupun penyakit (bersifat bakterisidal). Beberapa jenis tanaman yang mampu antara lain mengendalikan hama seperti famili *Meliaceae* (*Nimba*, *Aglaia*), famili *Anonaceae* (biji srikaya, biji sirsak, biji buah nona).

Pestisida Nabati Dari Tanaman Biofarmaka

Penggunaan biofarmaka sebagai biopestisida untuk mengendalikan OPT sangat potensial. Namun, sampai saat ini masih jarang digunakan petani. Padahal penggunaan biopestisida untuk mengendalikan OPT ini dalam beberapa hal lebih menguntungkan dibandingkan dengan penggunaan pestisida. Keuntungannya, antara lain produk tanaman lebih aman dikonsumsi, kelestarian lingkungan dan sistem produksi pertanian berkelanjutan lebih terjamin. Apalagi Indonesia memiliki jenis biofarmaka tidak kurang dari 7.000 spesies, yang baru sekitar 300 (4,5%) yang

diolah dan dimanfaatkan, di mana dari 300 spesies ini baru sekitar 50 jenis tanaman yang dibudidayakan, sedang selebihnya masih dipanen dari alam.

Jenis OPT dan Jenis Tanaman Biofarmaka:

Jenis OPT yang dapat dikendalikan dengan biopestisida antara lain: (1) Hama secara umum; (2) Hama trips pada cabai, (3) Hama belalang dan ulat, (4) Hama wereng coklat dan penggerek batang, (5) Hama dan penyakit pada tanaman bawang merah, dan (6) Hama tikus. Sedang jenis tanaman biofarmaka tergantung pada jenis OPT-nya. Adapun cara mengendalikannya sebagai berikut:

1. Hama Secara Umum

Siapkan daun mimba (*Azadirachta indica*) 8 kg, lengkuas 6 kg, serai 6 kg, diterjen/sabun colek 20 kg dan air 80 liter. Bagian tanaman ini ditumbuk halus kemudian dicampur diterjen/sabun colek. Setelah itu masukkan 20 liter air dan diaduk sampai rata. Adonan diamkan selama 24 jam kemudian disaring dengan kain halus dan hasil saringannya diencerkan dengan 60 liter air. Larutan dapat digunakan untuk mengendalikan hama seluas \pm satu hektar lahan tanaman.

2. Hama Trips pada Cabai

Daun sirsak (*Annona muricata*) 50 - 100 lembar setelah ditumbuk halus kemudian dicampur dengan 15 gr detergen/sabun colek. Masukkan air 5 liter dan dibalik sampai rata. Setelah didiamkan selama 24 jam kemudian disaring dengan kain halus. Apabila larutan akan digunakan, setiap satu liter larutan diencerkan dengan 10 - 15 liter air kemudian disemprotkan ke seluruh bagian tanaman cabai yang terserang hama Trips.

3. Hama Belalang dan Ulat

Daun sirsak (*Annona muricata*) 50 lembar dan daun tembakau (*Nicotiana tabacum*) satu genggam ditumbuk halus. Setelah itu, tambahkan 20 gram diterjen/sabun colek dan 20 liter air kemudian dibalik sampai rata. Setelah adonan ini didiamkan/diendapkan selama 24 jam kemudian disaring dengan kain halus. Jika larutan tersebut akan digunakan, encerkan dulu dengan 50-60 liter air lalu semprotkan pada tanaman yang terserang hama belalang dan ulat.

Beberapa daun tanaman lainnya yang banyak dikenal dan dapat dijadikan biopestisida antara lain jambu mete, jarak, sirih, tembakau, ubi kayu, jambu biji, dan duku.

Pestisida Hayati

Pestisida hayati merupakan formulasi yang mengandung mikroba tertentu baik berupa jamur, bakteri, maupun virus yang bersifat antagonis terhadap mikroba lainnya (penyebab penyakit tanaman) atau menghasilkan senyawa tertentu yang bersifat racun baik bagi serangga (hama) maupun nematoda (penyebab penyakit tanaman). Formulasi *Beuveria bassiana* (isolat Segunung) mampu mengendalikan hama kumbang moncong yang merupakan hama utama anggrek dan mengendalikan kumbang mawar serta kutu daun pada tanaman krisan. Dari kelompok bakteri yang telah banyak diteliti dan digunakan sebagai agen hayati (pestisida hayati) adalah genus: *Bacillus* (*B. polimyxa*, *B. subtilis* dan *B. thuringiensis*), *Pseudomonas* (*P. Fluorescens-Pf*), kelompok cendawan (*Trichoderma harzianum* dan *Gliocladium sp*). Formulasi pestisida hayati yang telah dihasilkan BALITHI di antaranya Bio-PF mengandung Pf untuk mengendalikan penyakit layu bakteri dan cendawan, rebah kecambah dan bercak daun yang disebabkan oleh *Fusarium sp.*, *Phytium sp*, *Vericillium albo-atrum*, *Alternaria spp* dan *Rhizoctonia solani*. Bio-GL mengandung *Gliocladium spp.*, untuk mengendalikan penyakit tular tanah yang disebabkan oleh *Phomosis seclerotiodes*, *Phytium spp*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*. *Glicompost* berbentuk kompos yang berbahan aktif *Gliocladium spp*, untuk mengendalikan patogen tular tanah serta penyakit layu *Fusarium*, *Phomosis seclerotiodes*, *Phytium spp*, *Rhizoctonia solani* dan *Sclerotinia sclerotiorum* pada tanaman hortikultura. Prima-BAPF mengandung *Bacillus sp* dan *Pf*, untuk mengendalikan penyakit akar bengkak, rebah kecambah, layu *Fusarium*, layu bakteri, busuk daun *Rhizoctonia* dan karat (Laboratorium Biokontrol, Balai Penelitian Tanaman Hias, 2008).

Bertolak dari keadaan dunia pertanian Indonesia seperti tersebut di atas maka usaha untuk memproduksi biopestisida (pestisida hayati) dalam negeri amat memungkinkan. Faktor mendukung di antaranya adalah bahwa Indonesia cukup kaya dengan berbagai jenis jasad renik spesifik di daerah tropis dan lebih sesuai

untuk iklim Indonesia, karena umumnya biopestisida dieksplorasi dari berbagai jenis mikroorganisme yang merupakan musuh alami.

Alam Indonesia yang kaya akan keaneka-ragaman hayati merupakan sumber daya alam potensial untuk dimanfaatkan bagi kesejahteraan rakyat. Jenis jamur *Trichoderma harzianum* dapat dijadikan produk biofungisida yang efektif untuk mengendalikan jamur penyakit tanaman hortikultura, maupun tanaman perkebunan dan kehutanan. Jamur *Metarrhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Verticillium lecanii*, *Paecilomyces sp*, *Entomophthora sp*, dan jamur entomopatogen lainnya dapat dijadikan produk-produk bioinsektisida. Produk bioinsektisida dengan bahan aktif jamur-jamur di atas umumnya disebut sebagai produk 'mikoinsektisida', yang efektif terhadap hama serangga tanaman padi, hortikultura, dan perkebunan.

Bakteri *Bacillus thuringiensis* dikenal mampu mengendalikan hama serangga pada sayuran, dalam produk dikenal petani sebagai racun *Bt*. Sementara untuk bioherbisida dapat diproduksi dengan bahan aktif berupa spora jamur *Fusarium sp*, avirulen.

Keunggulan dan Kekurangan Biopestisida

Alam sebenarnya telah menyediakan bahan-bahan alami yang dapat dimanfaatkan untuk menanggulangi serangan hama dan penyakit tanaman. Memang ada kelebihan dan kekurangannya:

Kelebihan :

1. Degradasi/penguraian yang cepat oleh sinar matahari.
2. Memiliki pengaruh yang cepat, yaitu menghentikan napsu makan serangga walaupun jarang menyebabkan kematian.
3. Toksisitasnya umumnya rendah terhadap hewan dan relatif lebih aman pada manusia dan lingkungan.
4. Memiliki spektrum pengendalian yang luas (racun lambung dan syaraf) dan bersifat selektif.
5. Dapat diandalkan untuk mengatasi OPT yang kebal pestisida kimia.
6. Fitotoksitas rendah, yaitu tidak meracuni dan merusak tanaman.
7. Murah dan mudah dibuat oleh petani.

Kelemahan :

1. Cepat terurai dan daya kerjanya relatif lambat sehingga aplikasinya harus lebih sering.
2. Daya racunnya rendah (tidak langsung mematikan serangga).
3. Produksinya belum dapat dilakukan dalam jumlah besar karena keterbatasan bahan baku.
4. Kurang praktis.
5. Tidak tahan disimpan.

Fungsi Biopestisida :

Biopestisida memiliki beberapa fungsi, antara lain:

1. *Repelan*, yaitu menolak kehadiran serangga. Misal: bau menyengat.
2. *Antifidan*, mencegah serangga memakan tanaman yang telah disemprot. Rasa ngak enak (?).
3. Merusak perkembangan telur, larva, dan pupa.
4. Menghambat reproduksi serangga betina.
5. Racun syaraf.
6. Mengacaukan sistem hormon dalam tubuh serangga.
7. *Atraktan*, pemikat kehadiran serangga yang dapat dipakai pada perangkap serangga.
8. Mengendalikan pertumbuhan jamur/bakteri.

Teknologi Pembuatan Biopestisida

Teknologi pembuatan pestisida tidak terlalu sulit untuk diadopsi, dan dapat dikembangkan dalam negeri. Dari ragam teknologi yang sifatnya sederhana dan murah sampai dengan yang agak canggih dan mahal. Langkah penting berikut adalah usaha untuk memproduksi biopestisida dengan harga relatif murah. Salah satu pemecahan masalah yaitu memformulasikan kembali bahan baku kualitas analitik yang digunakan di luar negeri serta menggantinya dengan bahan baku lokal, yang harganya relatif lebih murah dan mudah didapatkan.

Bahan Baku Lokal

Biopestisida harga terjangkau dapat diproduksi dengan melakukan modifikasi terutama untuk substitusi bahan baku lokal, agar dapat diproduksi di dalam negeri dengan biaya produksi tidak terlalu mahal. Dari hasil kajian diketahui bahwa komponen bahan baku impor dapat digantikan dengan jenis bahan yang terdapat di dalam negeri.

Sebagai bahan produksi yang dapat digunakan berupa limbah hasil pertanian misalnya ongkok tapioka, jerami, limbah jagung, sekam, tetes, bagas, dan sebagainya. Banyak jenis sumber daya alam (mineral) yang dapat digunakan sebagai bahan untuk formulasi biopestisida, seperti tanah gambut, tanah lempung, dan pasir diatom.

Adaptasi teknologi produksi biopestisida antara lain produksi dilakukan dengan menggunakan bahan baku lokal, tanpa mengurangi kualitas dan efektivitas fungsi produk serta harga terjangkau.

Biaya produksi pertanian dari kebutuhan pestisida yang sebelumnya mencapai 25–40% dengan menggunakan pestisida kimia buatan pabrik, kini dapat ditekan menjadi hanya sekitar 8–10%. Dampak penggunaan biopestisida terhadap kualitas produk secara signifikan dapat meningkatkan nilai jual (ekonomi) produk baik di pasar lokal, regional maupun internasional. Sehingga margin keuntungan petani dapat ditingkatkan, dan dengan demikian kesejahteraan petani beserta keluarga dapat meningkat.

***SL-NPV* Biopestisida Berbahan Virus:**

Bioinsektisida *SINPV* merupakan salah satu produk unggulan BB-Biogen, Bogor yang efektif terhadap hama ulat grayak (*Spodoptera litura*) pada kedelai dan beberapa jenis tanaman pangan, industri, dan sayuran. Bahan aktifnya adalah *nuclear-polyhedrosis virus*, suatu patogen serangga dengan strain unggul asli Indonesia. Bioinsektisida *SINPV* memiliki sifat yang menguntungkan, karena: (a) tidak membahayakan lingkungan, (b) dapat mengatasi masalah koresistensi hama terhadap insektisida, dan (c) kompatibel dengan insektisida.

Ciri Khas *SINPV*

SINPV berbentuk batang dan terdapat di dalam *inclusion bodies* yang disebut *polihedra*. Polihedra berbentuk kristal bersegi banyak dan berukuran relatif besar (0,5-15 μ) sehingga mudah dideteksi dengan mikroskop perbesaran 600 kali. Polihedra terdapat dalam inti sel yang rentan dari serangga inang, seperti *hemolimfa*, badan lemak, *hipodermis*, dan *matriks trakea*.

Ulat yang terinfeksi *SINPV* tampak berminyak, disertai membran integumen membengkak dan perubahan warna tubuh menjadi pucat-kemerahan, terutama pada bagian perut. Ulat cenderung merayap ke pucuk tanaman kemudian mati dalam keadaan menggantung dengan kaki semunya pada bagian tanaman. Integumen ulat yang mati mengalami lisis dan disintegrasi sehingga sangat rapuh. Apabila robek, dari dalam tubuh ulat keluar cairan *hemolimfa* yang mengandung banyak *polihedra*. Ulat muda mati dalam 2 hari, sedangkan ulat tua dalam 4-9 hari setelah infeksi.

Patogenisitas

SINPV memiliki tingkat patogenisitas yang relatif tinggi. Nilai LC50 (konsentrasi yang mematikan 50% populasi) untuk ulat instar III sebesar $5,4 \times 10^3$ *polihedra inclusion bodies (PIBs)*/ml. Ulat instar I-III lebih rentan terhadap *SINPV* daripada ulat instar IV-V. Tingkat kerentanan ulat instar I 100 kali lebih tinggi daripada ulat instar V.

Aplikasi *Sl-NPV* (*Spodoptera litura* NPV) dan *Ha-NPV* (*Heliotis armigera* NPV):

Ulat grayak *Spodoptera litura* (F.) dan ulat pemakan polong *Helicoverpa* (*Heliotis*) *armigera* (F.) merupakan hama penting tanaman kedelai. Kedua jenis serangga hama tersebut dapat dikendalikan dengan memanfaatkan sejenis virus patogen serangga yang dikenal sebagai *nuclear-polyhedrosis virus* (NPV). Suatu percobaan telah dilakukan untuk menentukan tingkat kompatibilitas *SINPV* dengan *HaNPV* sebagai bahan aktif biopestisida NPV berspektrum luas dan virulen terhadap ulat grayak dan ulat pemakan polong kedelai. Tingkat virulensi kombinasi kedua jenis NPV tersebut relatif sama dengan standar sehingga *SINPV* dinyatakan kompatibel dengan *HaNPV*, oleh karena itu layak dikombinasikan sebagai

biopestisida berspektrum luas untuk mengendalikan ulat grayak dan ulat pemakan polong kedelai sekaligus.

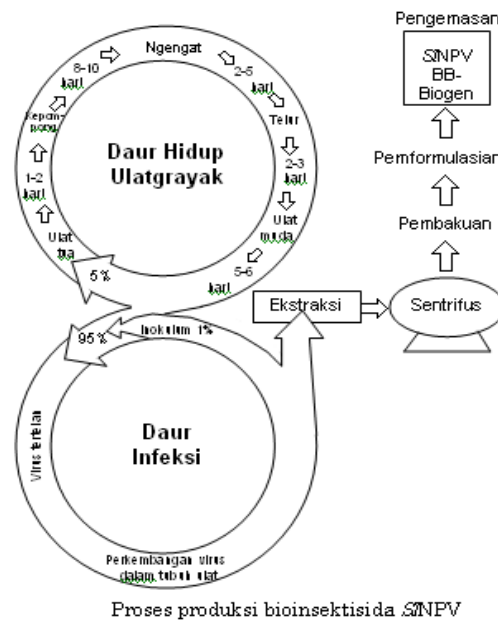


Gambar 29. Ulat grayak yang Terinfeksi NPV

Nuclear-polyhedrosis virus (NPV) merupakan salah satu jenis virus patogen yang menginfeksi beberapa jenis serangga hama, antara lain ulat grayak dan ulat pemakan polong kedelai. NPV untuk ulat grayak disebut *S/NPV* (*Borrelinavirus litura*) dan untuk pemakan polong disebut *HaNPV* (*B. heliothis*). Hasil percobaan laboratorium menunjukkan bahwa NPV memiliki potensi biotik tinggi, ditunjukkan oleh tingkat patogenisitasnya dinyatakan dengan nilai LC50 (konsentrasi mematikan 50% populasi). LC50 *S/NPV* untuk ulat grayak adalah $5,4 \times 10^3$ *polyhedra inclusion bodies* (PIBs)/ml sedangkan untuk ulat pemakan polong 6×10^3 PIBs/ml.

Dalam usaha pengembangan NPV sebagai biopestisida, *Balai Besar Litbang Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian* (BB Biogen) telah berhasil memperbanyak NPV secara *in vivo* dengan inang aslinya (ulat grayak untuk *S/NPV* dan ulat pemakan polong untuk *HaNPV*) dan memformulasikan dalam bentuk tepung (*wettable powder*). Biopestisida *S/NPV* dan biopestisida *HaNPV* tersebut masih memiliki kelemahan utama, yaitu sifatnya yang spesies spesifik. Artinya, isolat NPV yang diperoleh dari hasil isolasi suatu jenis serangga mati terinfeksi NPV hanya efektif terhadap jenis serangga itu sendiri. Sifat NPV tersebut menjadikan biopestisida NPV kurang mampu bersaing dengan insektisida kimia sehingga

kurang diminati oleh pengguna (petani). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk merekayasa biopestisida NPV agar berspektrum luas dan virulen terhadap berbagai jenis hama Lepidoptera pada kedelai. Untuk mendapatkan biopestisida NPV berspektrum luas dan virulen, Maddox (1975) menyarankan untuk mengkombinasikan dua jenis NPV yang umumnya bersifat spesies spesifik.



Gambar 30. Proses Produksi Bioinsektisida S/NPV

Pemanfaatan Kombinasi S/NPV dengan HaNPV sebagai Biopestisida:

Umumnya, musuh alami dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan hama yang menjadi inang dengan dua pendekatan, yakni: *konservasi* dan *augmentasi*. Pendekatan *konservasi* dilakukan dengan cara memanipulasi lingkungan dengan tujuan meningkatkan keefektifan musuh alami yang terjadi secara alamiah, sedangkan pendekatan *augmentasi* dilakukan dengan cara memperbanyak dan melepas musuh alami secara periodik untuk tujuan jangka panjang dalam program inokulasi atau jangka pendek dalam program inundasi. Khusus NPV untuk mengendalikan ulat grayak dan ulat pemakan polong pada kedelai, pendekatan yang cocok adalah *augmentasi* untuk tujuan jangka pendek. Hal ini didasarkan atas pertimbangan bahwa NPV mudah inaktif karena sifatnya yang rentan terhadap paparan sinar surya dan kurang persisten karena ekosistem pertanian tanaman pangan selalu berubah dari musim ke musim. Selain dapat digunakan secara tunggal,

NPV juga dapat dipadukan dengan taktik pengendalian lain, misalnya perangkap masal serangga dewasa dan varietas tanaman tahan hama.

Aplikasi Biopestisida untuk Penyakit Layu pada Tanaman Pisang

Pada tahun 1997, tanaman pisang di Bali dilanda penyakit layu daun. Produksi pisang 134.000 ton/tahun merosot menjadi hanya 54.000 ton. Harga pisang pun naik sampai sepuluh kali lipat. Padahal, pisang bagi orang Bali bukan hanya buah untuk dimakan, tetapi juga bernilai sosial religius dalam upacara keagamaan yang kebutuhannya mencapai 70 persen dari produksi. *Banten* (sesaji) sebagai persembahan di pura tidak boleh tanpa pisang. Bahkan di pura besar, *banten* memerlukan sampai 70 jenis pisang.

Mengenali penyakit layu pisang dan mencari obatnya menjadi obsesi pakar biopestisida, Dr. Dewa Ngurah Suprpta. Akhirnya ia menemukan daun sirih dan lengkuas sebagai bahan untuk mengatasi penyakit pisang itu, setelah menganalisis sekitar 400 jenis tanaman. Hasil penelitian tersebut pada tahun 2000 diperkenalkan formula "*Biota-L*" untuk memberantas penyakit layu pisang. Hasil penelitian tersebut membawa Suprpta menjadi salah satu dari 119 individu, organisasi, atau komunitas, yang diajukan untuk menerima Kehati Award 2004 bagi pejuang lingkungan dan kelestarian keaneka-ragaman hayati.

Bahan utama dari formula Biota-L adalah daun sirih dan lengkuas. Daun sirih memang dikenal memiliki senyawa antiseptik, dan lengkuas dikenal sebagai antifungi (antijamur). Sehingga, kedua tanaman itu bisa menjadi bahan untuk melawan bakteri *Pseudomonas solanacearum* dan jamur *Fusarium oxysporum* yang mematikan pisang. Biota-L belum dapat dibuat secara mandiri oleh petani, karena untuk mengekstrak kedua bahan tersebut membutuhkan metanol 98%, kemudian memisahkan metanol untuk mendapatkan cairan yang bisa digunakan untuk mengatasi penyakit pisang. Cara sederhana yang bisa dilakukan petani adalah merendam rajangan lengkuas dan sirih dalam arak. Namun, hasilnya tidak cukup maksimal.

Selain Biota-L, Ngurah Suprpta juga menemukan empat mikroba yang hidup dalam tanah sekitar tanaman pisang, yaitu *Glicladium sp*, *Fusarium oxysporum* *avirulen*, *Speudomonas fluorescens*, dan *Streptomycces*, yang bisa digunakan melawan jamur dan bakteri penyebab penyakit layu pisang. Keempat mikroba itu

dibiakkan dalam media campuran dari tepung jagung, dedak, gula, dan serbuk gergaji yang disebutnya sebagai formula "*Persada*". Bahan itu bisa bersama kotoran ternak menjadi pupuk kompos untuk melawan penyakit pisang tersebut.

Biota-L (cair) sekarang lebih sering digunakan untuk proses pembibitan pisang yang lebih banyak dari cara tradisional. Bonggol anakan pisang yang biasanya ditanam begitu saja, dipecah-pecah, sehingga akan menghasilkan lebih banyak rumpun. Pecahan itu direndam dalam cairan "*Biota-L*" sebelum ditanam.

Sedangkan "*Persada*" digunakan bersama pupuk kompos. Sekarang penyakit layu pisang di Bali bisa dikendalikan dengan cara yang ramah lingkungan, karena alamiah dan diambil dari alam setempat.

Nematoda Patogen Serangga Sebagai Biopestisida:

Dua genus *Nematoda Patogen Serangga* (NPS), *Steinernema* dan *Heterorhabditis*, mempunyai beberapa keunggulan sebagai agen pengendalian biologi serangga hama dibandingkan dengan musuh alami lain, yaitu daya bunuhnya sangat cepat, kisaran inangnya luas, aktif mencari inang sehingga efektif untuk mengendalikan serangga dalam jaringan, tidak menimbulkan resistensi, dan mudah diperbanyak.



Gambar 31. Nematode Patogen Serangga

Mekanisme patogenisitas NPS terjadi melalui simbiosis dengan bakteri patogen *Xenorhabdus* untuk *Steinernema* dan *Photorhabdus* untuk *Heterorhabditis*. Infeksi NPS dilakukan oleh stadium larva instar III atau *Juvenil Infektif* (JI) terjadi melalui mulut, anus, spirakel, atau penetrasi langsung membran intersegmental integumen yang lunak. Setelah mencapai *haemocoel* serangga, bakteri simbiosis yang

dibawa akan dilepaskan ke dalam *haemolim* untuk berkembang biak dan memproduksi toksin yang mematikan serangga. NPS sendiri juga mampu menghasilkan toksin yang mematikan. Dua faktor ini yang menyebabkan NPS mempunyai daya bunuh yang sangat cepat. Serangga yang terinfeksi NPS dapat mati dalam waktu 24-48 jam setelah infeksi.

Cara Isolasi

NPS mudah diisolasi dari sampel tanah berpasir berporositas tinggi. Sampel tanah ditempatkan dalam botol, kemudian diinfestasi dengan ulat lilin, ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*), atau ulat bambu. Setelah diinkubasikan selama 5 hari, ulat akan mati terinfeksi oleh nematoda. Ulat yang mati terinfeksi *Steinernema*, tubuhnya tampak berwarna coklat muda, sedangkan yang terinfeksi *Heterorhabditis* berwarna coklat tua agak kemerah-merahan. Isolasi NPS dari tubuh ulat dilakukan dengan cara menempatkan ulat pada cawan petri beralas kertas saring basah. Dalam waktu 2–3 hari, NPS akan keluar dari tubuh serangga dan masuk ke dalam air di cawan lebih besar.



Gambar 32. Menangkap NPS dengan Ulat Hongkong

Cara Perbanyakan

Perbanyakan secara *In Vivo*. Perbanyakan NPS secara *in vivo* dilakukan dengan menggunakan ulat Hongkong (*T. molitor*). Ulat Hongkong dimasukkan dalam bak plastik atau nampan yang dialasi dengan kertas saring atau kertas koran. Suspensi JI diinokulasikan secara merata pada kertas tersebut. Dalam waktu 7 hari,

80-90% ulat sudah terinfeksi oleh NPS. Ulat yang terinfeksi dipindahkan ke rak perangkap yang dialasi kain, kemudian ditempatkan dalam bak plastik berisi air. Setelah diinkubasikan selama 3-5 hari, JI NPS akan keluar dari serangga dan masuk ke dalam air. Satu gram ulat Hongkong bisa menghasilkan 65.000 JI.

Perbanyakkan secara *In Vitro*. Perbanyakkan secara *in vitro* dengan medium buatan sebenarnya lebih sulit dan rumit karena sangat tergantung pada biakan bakteri primer, tetapi lebih efisien untuk produksi skala besar atau komersial. Medium yang digunakan adalah bahan berprotein tinggi, seperti *homogenat* usus, ekstrak *khamir*, *pepton*, tepung kedelai, dan lain -lain. Perbanyakkan bisa dilakukan di medium cair atau semi padat. Medium semi padat dengan spon paling umum digunakan karena porositasnya tinggi. Nutrisi untuk perbanyakkan diresapkan ke dalam spon dengan perbandingan 12,5 : 1 (medium : spon, satuan dalam berat). Spon dimasukkan dalam botol atau plastik tahan panas, kemudian disterilisasi. Setelah medium dingin, bakteri simbiosis fase primer diinokulasikan ke dalam medium. Bakteri dibiarkan berkembang biak selama 2 - 3 hari sebelum diinokulasi dengan JI. NPS dapat dipanen dua minggu kemudian. Setiap 1 g medium spon dapat menghasilkan 90.000 JI. Perbanyakkan dengan medium cair dilakukan dalam *bubble column fermentor* untuk memberikan aerasi yang baik bagi perkembangan NPS.

Formulasi

JI diformulasikan menjadi biopestisida dalam bentuk cair atau butiran. Formulasi cair yang telah dikembangkan oleh Balitbio dikemas dalam spon yang praktis untuk digunakan, disimpan, dan ditransportasikan. Satu kemasan mengandung 200.000.000 JI. Formulasi butiran dikembangkan menggunakan bahan dasar *alginat*, tanah liat, atau tanah gambut. Ke dalam formulasi juga ditambahkan bahan aditif yang berfungsi sebagai *surfactant*, anti desikan, dan *stimulan hara*.



Gambar 33. Formulasi NPS dengan *Alginat*



Gambar 34. Formulasi NPS dengan Tanah Liat

Aplikasi

Formulasi cair, butiran *alginat*, dan tanah liat diaplikasikan dengan teknik penyemprotan biasa setelah dilarutkan dalam air. Sedangkan formulasi tanah gambut dengan cara ditabur. Biopestisida NPS diaplikasikan dengan dosis 109 JI/ha. Waktu aplikasi yang tepat adalah sore hari karena NPS sangat rentan terhadap kekeringan. Waktu satu malam cukup bagi NPS untuk menemukan dan menginfeksi inangnya.

Keefektifan

Biopestisida NPS telah terbukti efektif mengendalikan penggerek batang padi, hama lanas (*Cylas formicarius*), *Lyriomyza*, ulatgrayak (*Spodoptera litura*), penggerek tongkol jagung (*Ostrinia furnacalis*), ulat kantong, dan penggerek polong kedelai (*Etiela zinkenella*).



Gambar 35. Atas: Ulat *Ettiella* Sehat; Bawah: Ulat Terinfeksi NPS



Gambar 36. Ulat Grayak Terinfeksi NPS

Biofungisida

Salah satu jenis biopestisida adalah biofungisida, yaitu: "fungisida antijamur patogen yang menyerang berbagai penyakit tanaman yang mampu mengendalikan serangan penyakit tanaman akibat jamur patogen". Kebijakan global pembatasan penggunaan bahan aktif kimiawi pada proses produksi pertanian pada gilirannya akan sangat membebani pertanian Indonesia yang tingkat ketergantungan petaninya pada pestisida kimiawi masih tinggi. Ketergantungan tersebut akan melemahkan daya saing produk pertanian Indonesia di pasar bebas.

Balai Perlindungan Tanaman Pangan dan Hortikultura Propinsi Jawa Tengah telah berhasil mengembangkan prototipe produk beberapa biofungisida yang ramah lingkungan, yaitu biofungisida *trichodermin* dan *gliocladin* yang bahan bakunya terdiri dari bahan aktif dari makhluk hidup berupa konidia beberapa jenis jamur isolat lokal (*indigenous*). Beberapa jenis jamur isolat lokal yang telah berhasil dikemas dan diaplikasikan sebagai bahan baku biofungisida tersebut adalah *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium sp*, dan *Aspergillus niger*.

Keunggulannya adalah sebagai pengendali hayati (biokontrol) penyakit jamur patogen (fitopatogen) yang menyerang tanaman palawija, sayuran, buah-buahan, dan dapat digunakan pula sebagai bioprotektan bagi tanaman muda HTI serta perkebunan.

Sampai tahun 2004, Jawa Tengah merupakan salah satu penghasil utama kentang di Indonesia, di samping beberapa propinsi lain seperti Sumatera Utara,

Jawa Barat, dan Jawa Timur, dengan luas pertanaman mencapai 70.500 hektar. Namun produktivitas kentang di Jateng saat ini menurun tajam, disebabkan oleh lapisan humus yang sudah habis, sehingga kontaminasi penyakit dan hama menjadi tinggi. Untuk mengimbangi permintaan saat ini, maka kentang diimpor dari negeri seberang. Pada musim hujan benih kentang rentan terhadap jamur *Phytophthora infestans*, sedangkan di gudang penyimpanan, benih rawan serangan hama (Tri Mardi, dkk, 2007).

Dengan kondisi itu petani banyak tergantung pada fungisida buatan pabrik. Penyakit busuk daun dan umbi (lodoh) tanaman kentang yang disebabkan oleh serangan jamur patogen ganas *Phytophthora infestans* tersebut merupakan penyakit paling ganas di antara penyakit dan hama yang menyerang tanaman kentang di Indonesia. Penyakit ini dapat menurunkan produksi hingga 90 persen dari total produksi dalam waktu yang amat singkat.

Penyakit busuk daun dan umbi tanaman kentang merupakan penyakit penting dan endemik di sentra-sentra pertanaman kentang Propinsi Jawa Tengah (Kabupaten Wonosobo, Temanggung, Banjarnegara, dan Magelang). Pengendalian penyakit dengan fungisida buatan pabrik yang digunakan para petani selama ini telah diketahui banyak berdampak negatif dalam mengendalikan penyakit-penyakit tanaman. Seperti terbunuhnya mikroorganisme bukan sasaran, membahayakan kesehatan dan lingkungan (Samways, 1983).

Memasuki pasar global, persyaratan produk-produk pertanian ramah lingkungan akan menjadi primadona. Persyaratan kualitas produk pertanian akan menjadi lebih erat kaitannya dengan pemakaian pestisida sintetik. Salah satu alternatif upaya peningkatan kuantitas dan kualitas produk pertanian khususnya kentang dapat dilakukan dengan pemanfaatan agen hayati (biopestisida) sebagai pengganti pestisida sintetik.

Berdasarkan keadaan ini maka eksplorasi dan skrining agen hayati akan diversitas mikroba yang kita punya (*indigenous*) penting dilakukan dalam rangka menemukan sumberdaya genetik baru yang berpotensi sebagai agen pengendali hayati penyakit tanaman yang ramah lingkungan. Potensi jasad renik (kelompok aktinomiset dan jamur) sebagai Sumber Daya Alam Hayati (SDAH) kita sangat besar dan belum banyak digarap.

SDAH Indonesia dipastikan mempunyai daya saing tinggi karena sebagian besar SDAH, termasuk mikroba *indigenous*, tidak dimiliki bangsa lain (endemik). Biofungisida *trichodermin* dan *gliocladin* yang telah diproduksi Balai Penelitian Tanaman Pangan Propinsi (BPTPH) Jawa Tengah juga menggunakan mikroorganisme isolat lokal sebagai bahan baku. Isolat tersebut diisolasi dari tanah pertanian daerah pertanaman kentang Wonosobo dan Temanggung.

Beberapa ciri morfologi jamur *Trichoderma harzianum* sebagai bahan baku biofungisida tersebut yang menonjol, antara lain koloninya berwarna hijau muda sampai hijau tua yang memproduksi konidia aseksual berbentuk globus dengan konidia tersusun seperti buah anggur dan pertumbuhannya cepat (*fast grower*). Jamur tersebut merupakan salah satu jenis jamur *mikroparasitik*, artinya bersifat parasit terhadap jenis jamur lain dan sifat itulah yang dimanfaatkan sebagai agen biokontrol terhadap jenis-jenis jamur fitopatogen.

Biofungisida yang dikembangkan BPTPH Jawa Tengah berupa produk berbentuk granula, hasil campuran antara bahan matriks padat dan konidia- biomasa jamur itu. Beberapa keuntungan dan keunggulannya adalah mudah dimonitor dan dapat berkembang biak, sehingga keberadaannya di lingkungan dapat bertahan lama serta aman bagi lingkungan, hewan dan manusia lantaran tidak menimbulkan residu kimia berbahaya yang persisten dalam tanah.

Mekanisme pengendalian biofungisida bersifat spesifik target, sehingga tidak menimbulkan hilangnya organisme nontarget. Kelebihan lain mampu mengkoloni rhizosfer (daerah perakaran tanaman) dengan cepat dan melindungi akar dari serangan jamur penyakit, mempercepat pertumbuhan tanaman, dan meningkatkan hasil produksi tanaman. Secara ekonomi penggunaan biofungisida trichodermin dan gliocladin lebih murah dibandingkan dengan fungisida kimiawi (Purwantisari, S. 2008)

Deskripsi Tanaman Sebagai Bahan Biopestisida

Berbagai jenis tanaman yang dapat digunakan sebagai bahan biopestisida serta deskripsinya disajikan sebagai berikut:

<i>Curcuma xanthorrhiza</i> Roxb.	
Spesies:	<i>Curcuma xanthorrhiza</i> Roxb.
Nama Inggris:	turmeric
Nama Indonesia:	temu lawak
Nama Lokal:	koneng gede (Sunda) , temu lawak (Jawa) , temu latah (Madura)
Deskripsi:	Herba dengan rizoma bercabang, bagian luar berwarna kuning gelap sampai coklat kemerahan, bagian dalam jingga atau jingga-merah. Daun tunggal, lonjong-menjorong sampai lonjong-melanset, pangkal dan ujung daun runcing, permukaan daun licin, hijau dengan pita coklat kemerahan sepanjang tulang tengah. Pembungaan majemuk, pada tunas yang tersendiri, daun gagang hijau pucat, bunga yang menyerupai daun gagang berwarna ungu; mahkota bunga merah pucat, bibir bunga kekuningan dengan pita tengah kuning, staminodes melipat membujur, putih kekuningan. Buah kotak dan sedikit berbulu.
Distribusi/ Penyebaran:	Penyebaran <i>Curcuma xanthorrhiza</i> terdapat di Jawa, Bali dan Maluku. Biasanya ditanam di Jawa, juga di negara lain seperti Semenanjung Malaysia, Filipina dan Thailand, kadang-kadang hal sama juga dilakukan di India.
Habitat:	Tumbuh subur dekat air/aliran air pada dataran rendah sampai pegunungan \pm 700 m dpl.
Perbanyakan:	Temu lawak banyak ditanam dengan potongan akar rimpangnya di Jawa (pekarangan) dan di perkebunan skala kecil di daerah Surakarta dan Ungaran / Semarang Selatan.
Manfaat tumbuhan:	Rimpang digunakan untuk mengatasi berbagai macam keluhan di perut, penyakit kuning, batu empedu, meningkatkan aliran dari air empedu. Dekoksi dari rimpangnya digunakan untuk obat demam dan konstipasi, dan digunakan oleh para wanita sebagai perangsang air susu ibu dan untuk mengurangi peradangan pada uterine setelah melahirkan. Penggunaan yang lain untuk mengatasi diare yang disertai pendarahan, disentri, peradangan di rektum, wasir, gangguan perut yang disebabkan luka yang terinfeksi, kulit merah/ruam kulit, jerawat dan eksim, cacar. Di Indonesia, rizomanya merupakan bahan penting untuk berbagai macam jamu. hasilnya berupa pati dan zat warna kuning. Batang muda dan bagian rizoma dimakan sebagai sayuran mentah atau dimasak terlebih dahulu. Rangkaian bunganya dimakan matang. Di Jawa, minuman ringan yang biasa disebut 'bir temu lawak' dibuat dengan memasak potongan-potongan rizoma yang dikeringkan. Rimpang temu lawak dicampur cuka, tawas dan uranium (cat basis) memberikan warna kuning Gresik
Sumber Prosea:	12(1): Medicinal and poisonous plants 1 p.217-218 (author(s): Wardini, Trimurti H; Prakoso, Budi)

<i>Cymbopogon winterianus</i>	
Spesies:	<i>Cymbopogon winterianus</i>
Nama Inggris:	Java citronella grass, winter's grass, old citronella grass
Nama Indonesia:	Serai wangi
Nama Lokal:	Sere wangi (Jawa), Sereh wangi (Sunda), sere (Gayo), barama kusu (Manado), sarai arun (Minangkabau), timbu ale (Gorontalo), kendoung witu (Sumba), sare, sere (Makassar), pataha mpori (Bima).
Deskripsi:	Herba menahun dengan tinggi 50-100 cm. Panjang daunnya mencapai 1 m dan lebar 1,5 cm. Tanaman serai wangi tumbuh berumpun. Daun tunggal berjumbai, panjang sampai 1 meter, lebar 1,5 cm, bagian bawahnya agak kasar, tulang daun sejajar. Batang tidak berkayu, berusuk-rusuk pendek, dan berwarna putih. Akarnya serabut.
Distribusi/Penyebaran:	Ditanam orang diseluruh nusantara sebagai bahan campuran obat, makanan dan sayuran.
Habitat:	Serai wangi dapat tumbuh di tempat yang kurang subur bahkan di tempat yang tandus. Karena mampu beradaptasi secara baik dengan lingkungannya, serai wangi tidak memerlukan perawatan khusus.
Perbanyakan:	Perbanyakan dilakukan dengan pemisahan stek anakan. Stek diperoleh dengan cara memecah rumpun yang berukuran besar namun tidak beruas. Potong sebagian daun stek atau kurangi hingga 3 - 5 cm dari pelepah daun. Sebagian akar juga dikurangi dan tinggalkan sekitar 2,5 cm di bawah leher akar.
Manfaat tumbuhan:	Tanaman ini dapat digunakan sebagai menggantikan pestisida kimia yaitu untuk insektisida, bakterisida, dan nematisida. Senyawa aktif dari tanaman ini berbentuk minyak atsiri yang terdiri dari senyawa sitral, sitronella, geraniol, mirsena, nerol, farnesol, metil heptenol dan dipentena. Daun dan tangkainya menghasilkan minyak asiri yang dapat digunakan untuk mengusir nyamuk dan serangga. Secara tradisional dapat dilakukan dengan cara: a). Daun dan tangkainya ditumbuk lalu direndam dalam air dengan konsentrasi 25 - 50 gram/l; b). Kemudian endapkan selama 24 jam kemudian disaring agar didapat larutan yang siap diaplikasikan; c). Aplikasi dilakukan dengan cara disemprotkan atau disiramkan; d). Sedangkan untuk pengendalian hama gudang dilakukan dengan cara membakar daun atau batang hingga didapatkan abu, lalu sebar / letakkan didekat sarang atau jalur hama tersebut mencari makan.
Sumber Prosea:	19: Essential-oil plants p.106-110 (author(s): Guzman, CC de; Reglos, RA)

<i>Derris elliptica</i>	
Spesies:	<i>Derris elliptica</i>
Nama Inggris:	Derris, tuba root
Nama Indonesia:	Tuba
Nama Lokal:	Tuba, oyod tungkul (Javanese), tuwa leteng (Sundanese)
Deskripsi:	Tumbuhan berkayu ini adalah jenis yang memanjat dengan setiap ranting mengandung 4-6 pasang daun berbentuk bujur berukuran lebih kurang 7.5 - 13 cm dan lebar 6 cm. Di bagian bawah daun diliputi oleh bulu lembut berwarna perang. Jambak bunganya pula berwarna merah muda serta sedikit berbulu. Tumbuhan ini juga mempunyai buah berbentuk kekacang nipis dan rata berukuran lebih kurang 9 cm, lebar 0.6 - 2.5 cm. dan terdapat 1 - 4 biji dalam satu kekacang.
Distribusi/Penyebaran:	Derris ditemukan tumbuh secara liar mulai dari India sampai ke Irian Jaya, sedangkan di Afrika dan Amerika tropis dibudidayakan. Di Indonesia, derris terdapat hampir di seluruh wilayah nusantara.
Habitat:	Di Jawa ditemukan mulai dari dataran rendah sampai ketinggian 1500 m dpl. Tumbuh terpencar-pencar, di tempat yang tidak begitu kering, di tepi hutan, di pinggir sungai atau dalam hutan belukar yang masih liar.
Perbanyakan:	Perbanyakan secara generatif dengan buah
Manfaat tumbuhan:	Tanaman ini merupakan penghasil bahan beracun pembunuh nyamuk juga digunakan untuk mengendalikan hama serangga, baik di luar ruangan maupun didalam ruangan. Disamping rotenon sebagai bahan aktif utama, bahan aktif lain yang terdapat pada akar tanaman derris adalah deguelin, elliptone, dan toxicarol. Selain sebagai racun ikan, derris juga dapat digunakan sebagai insektisida, yaitu untuk pemberantasan hama pada tanaman sayuran (terutama kol), tembakau, kelapa, kina, kelapa sawit, lada, teh, coklat, dan lain-lain.
Sumber Prosea:	12(1): Medicinal and poisonous plants 1 p.240-241 (author(s): Hamid, Auzay)

<i>Dioscorea Hispida</i>	
Spesies:	<i>Dioscorea hispida</i>
Nama Inggris:	Yam
Nama Indonesia:	Umbi Gadung
Nama Lokal:	Bitule, Bunga meraya (Manado); Gadung, Gadung ribo (Sumatera Barat); Gadung (Sunda); Gadung (Jawa); Ghadhung (Madura); Gadung, Sikapa, Skapa (Belitung); Iwi (Sumbawa); . Ondot in lawanan, Pitur (Minahasa); Siapa (Bugis); Sikapa (Makasar); Boti (Roti); Lei (Kai); Uhulibita, Ulubita (Seram); Hayule, Hayuru (Ambon)
Deskripsi:	Semak, menjalar, permukaan batang halus, berduri, warna hijau keputihan. Daun tunggal, lonjong, berseling, ujung lancip, pangkal tumpul, warna hijau. Perbungaan bentuk tandan, di ketiak daun, kelopak bentuk corong, mahkota hijau kemerahan. Buah bulat setelah tua biru kehitaman. Biji bentuk ginjal. Bagian yang Digunakan Rimpang.
Distribusi/Penyebaran:	Tumbuh liar di seluruh nusantara, terkadang ditanam juga di pekarangan
Habitat:	Tumbuh baik di daerah tropis dengan kondisi tanah yang subur, liat, dan berdrainase baik.
Perbanyakan:	Dapat diperbanyak dengan Rhizoma
Manfaat tumbuhan:	Jenis tanaman ini mengandung asam sianida pada umbinya, yang berpotensi sebagai pengusir hama pada tanaman.
Sumber Prosea:	12(2): Medicinal and poisonous plants 2 p.229-234 (author(s): Chung, RCK)

<i>Evodia suaveolens</i> Scheff	
Spesies:	<i>Evodia suaveolens</i> , Scheff
Nama Inggris:	Euodia suaveolens
Nama Indonesia:	Zodia
Nama Lokal:	zodia (papua)
Deskripsi:	Perdu, dengan tinggi tanaman 0,3 sampai 2 meter dan panjang daun tanaman dewasa 20-30 cm.
Distribusi/Penyebaran:	Diduga tanaman Zodia berasal dari Papua. Namun saat ini sudah banyak tumbuh di Pulau Jawa, bahkan sering dijumpai pada halaman rumah atau kebun sebagai tanaman hias.
Habitat:	Pekarangan rumah atau kebun. Tanaman ini tumbuh baik di ketinggian 400-1000 m dpl.
Perbanyakan:	Perbanyakan zodia dapat dilakukan secara generatif melalui biji dan stek ranting
Manfaat tumbuhan:	Daun Zodia dapat disuling untuk menghasilkan minyak Asiri (essential oil) yang mengandung bahan aktif evodiamine dan rutaecarpine yang menghasilkan aroma cukup tajam sehingga dapat mengusir serangga terutama nyamuk. Selain itu, rebusan kulit batangnya bermanfaat sebagai pereda demam malaria. Rebusan daun dipakai sebagai tonik penambah stamina tubuh.

<i>Geranium homeanum</i> Turez	
Spesies:	<i>Geranium homeanum</i> , Turez
Nama Inggris:	Cranesbill
Nama Indonesia:	Geranium
Nama Lokal:	-
Deskripsi:	Perdu dengan tinggi 20-60 cm, daun tunggal, berwarna hijau, berbulu, berbau harum, tepi bergerigi dan ujungnya tumpul. Batangnya berkayu, berbulu, dan ketika masih muda berwarna hijau, tetapi setelah tua berwarna kecoklatan. Perakaran tunggang.
Distribusi/Penyebaran	-
Habitat:	Saat ini Geranium banyak diusahakan sebagai tanaman hias dan tanaman pekarangan.
Perbanyakan:	Perbanyakan dapat dilakukan dengan stek batang, yakni dengan mematahkan batang muda lalu ditancapkan ke tanah. Umumnya diperbanyak dengan stek anakan.
Manfaat tumbuhan:	Tanaman ini dapat mengusir nyamuk, selain itu daunnya juga dapat dipakai sebagai anti bakteri, anti serangga, dan anti jamur.

<i>Gliricidia sepium</i>	
Spesies:	<i>Gliricidia sepium</i>
Nama Inggris:	Gliricidia, mother of cocoa, quick stick
Nama Indonesia:	Gamal
Nama Lokal:	Gamal, liriksidia (Jawa), Cebreng (Sunda).
Deskripsi:	Batang tunggal atau bercabang, jarang yang menyemak, tinggi 2-15 m. Batang tegak, diameter pangkal batang 5-30 cm, dengan atau tanpa cabang di dekat pangkal tersebut. Kulit batang coklat keabu-abuan dengan alur-alur kecil pada batang yang telah tua. Daun majemuk menyirip, panjang 19-30 cm, terdiri 7- 17 helai daun. Helai daun berhadapan, panjang 4-8 cm dengan ujung runcing, jarang yang bulat. Ukuran daun semakin kecil menuju ujung daun. Bunga merah muda cerah sampai kemerahan, jarang yang putih, panjang 2,5-15 cm, susunan bunga tegak.
Distribusi/Penyebaran:	Penyebaran alami tidak jelas karena telah dibudidayakan sejak lama, tetapi bukti kuat menunjukkan bahwa penyebarannya terbatas pada hutan musim kering gugur daun di dataran rendah pesisir Pasifik dan beberapa lembah pedalaman Amerika Tengah dan Meksiko.
Habitat:	Tumbuh pada berbagai habitat dan jenis tanah, mulai pasir sampai endapan alluvial di tepi danau, pada curah hujan 600-3500 mm/th dan ketinggian 0-1200 m dpl.
Perbanyakan:	Dapat diperbanyak secara vegetatif dan generatif
Manfaat tumbuhan:	Biji, pepagan, daun dan akarnya dapat digunakan sebagai rodentisida dan pestisida setelah terlebih dahulu dilakukan fermentasi.
Sumber Prosea:	4: Forages p.133-137 (author(s): Wiersum, KF; Nitis, IM)

<i>Melia azedarach</i> L	
Spesies:	<i>Melia azedarach</i> L
Nama Inggris:	Cinaberry, Persian lilac, pride of India (En)
Nama Indonesia:	Mindi kecil
Nama Lokal:	Gringging, mindi (Java), marambung (Sumatra), Renceh (Batak karo)
Deskripsi:	Mindi merupakan pohon cepat tumbuh, tinggi pohon dapat mencapai 45 m. Tajuk menyerupai payung, percabangan melebar, menggugurkan daun. Batang silindris, tegak, tidak berbanir; kulit batang (papagan) abu-abu coklat, beralur membentuk garis-garis dan bersisik.
Distribusi/Penyebaran:	Pohon mindi memiliki persebaran alami di India dan Burma, banyak ditanam di daerah tropis dan subtropis. Di Indonesia banyak di tanam di daerah Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara dan Irian Jaya.
Habitat:	
<i>Nigella sativa</i> L.	
Spesies:	<i>Nigella sativa</i> L.
Nama Inggris:	Black cummin
Nama Indonesia:	Jintan hitam
Nama Lokal:	jinten item, jinten ireng (Jawa)
Deskripsi:	Jintan hitam atau jintan hitam pahit adalah adalah terna, tegak, semusim, tingginya sampai 70 cm. Tanaman berbatang lunak, beralur dan berwarna hijau kemerahan, berbunga kuning, biji berbentuk kerucut berwarna kehitaman.
Distribusi/Penyebaran:	Terna ini asli di Eropa Selatan, banyak terdapat di India. Di Asia Tenggara ditanam dalam skala kecil untuk pengobatan.
Habitat:	Tanaman ini tumbuh liar sampai pada ketinggian 1100 m dari permukaan laut. Biasanya ditanam di daerah pegunungan ataupun sengaja ditanam di halaman atau ladang sebagai tanaman rempah-rempah.
Perbanyakan:	Dapat diperbanyak dengan biji
Manfaat tumbuhan:	Biji jintan hitam antara lain mengandung minyak atsiri, minyak lemak, dan saponin melantin, zat pahit nigelin, nigelon, dan timokinon. Minyak atsiri pada umumnya bersifat anti bakteri, anti peradangan. Ia juga menghangatkan perut.

<i>Ocimum tenuiflorum</i>	
Spesies:	<i>Ocimum tenuiflorum</i>
Nama Inggris:	Holy basil, sacred basil
Nama Indonesia:	Lampes
Nama Lokal:	ruku-ruku (Sumatra), kemangi utan (Moluccas), lampes (Javanese, Sundanese)
Deskripsi:	Semak, semusim, tinggi 30-150 cm. Batang berkayu, segi empat, beralur, bercabang, berbulu, hijau. Daun tunggal, bulat telur, ujung runcing, pangkal tumpul, tepi bergerigi, pertulangan menyirip, panjang 14-16 mm, lebar 3-6 mm, tangkai panjang \pm 1 cm, hijau. Bunga majemuk, bentuk tandan, berbulu, daun pelindung bentuk elips, bertangkai pendek, hijau, mahkota bulat telur, putih keunguan. Bunga kotak, coklat tua. Buah kecil, tiap buan terdiri 4 biji, hitam. Akar tunggang, putih kotor.
Distribusi/Penyebaran:	Ditemukan di daerah Sumatera, Jawa, Maluku
Habitat:	Tumbuh dengan baik dari dataran rendah sampai dataran tinggi.
Perbanyakan:	Dapat diperbanyak dengan biji
Manfaat tumbuhan:	Jenis tanaman ini menghasilkan metil eugenol yang dapat mengendalikan hama lalat buah.
Sumber Prosea:	13: Spices p.258-259 (author(s): Jansen, PCM)

<i>Pangium edule</i>	
Spesies:	<i>Pangium edule</i>
Nama Indonesia:	Pangi, kepayang
Nama Lokal:	Jakarta, Pucung; Sumatera Utara, Hapesong; Minangkabau, Kapayang, Lapencuang, Kapecong, Simaung; Lampung, Kayu tuba; Jawa Barat, Pacung, Picung; Jawa Tengah, Pakem; Bali dan Bugis, Pangi; Sumbawa dan Makasar, Kalowa;
Deskripsi:	Pohon, tahunan, tinggi 18-40 m. Batang berkayu, bulat, cabang muda berambut, putih kotor. Daun tunggal, terkumpul pada ujung ranting, bulat telur, ujung runcing, pangkal tumpul. tepi rata, pertulangan menjari, hijau. Bunga majemuk, bentuk tandan, kelopak J-2 cm, mahkota panjang 5-8, oval, 1,5-2,5 cm, pangkai berambut, hijau muda. Buah buni, bulat telur, diameter 10-25 cm, coklat. Biji keras,

	coklat.
Distribusi/Penyebaran	Tanaman ini tumbuh tersebar luas hampir di seluruh Nusantara.
Habitat:	Ditemukan di hutan hujan tropis dan juga hutan sekunder
Perbanyakan:	Dapat dilakukan secara generatif dengan biji
Manfaat tumbuhan:	Golongan flavonoid biji picung memiliki aktivitas sebagai antibakteri. Golongan flavonoid biji picung bisa melawan beberapa jenis bakteri pembusuk ikan secara in vitro pada bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Escherichia coli</i> , dan <i>Staphylococcus aureus</i> . Komponen antibakteri pada biji picung ini yaitu asam sianida, asam hidnokarpat, asam glorat, dan tanin.
Sumber Prosea:	12(2): Medicinal and poisonous plants 2 p.400-402 (author(s):Roemantyo; Zuhud, Ervizal AM
<i>Pimpinella anisum</i>	
Spesies:	<i>Pimpinella anisum</i>
Nama Inggris:	Anise, aniseed, sweet cumin
Nama Indonesia:	adas manis, kembang lawang
Nama Lokal:	adas manis, jinten manis
Deskripsi:	Tegak, terna semusim dengan tinggi 15-50 cm, batang beralur dan berbulu, mengeluarkan aroma. Daun berseling, mengutuh sampai majemuk menyirip.
Distribusi/Penyebaran:	Ditemukan di Jawa tengah, Sumatera Barat dan Sulawesi.
Habitat:	Tumbuh di daerah temperate dan iklim subtropis, tapi tidak tumbuh dengan baik pada dataran rendah tropis. Membutuhkan curah hujan antara 1000-2000 mm pertahun.
Perbanyakan:	Dapat diperbanyak dengan biji
Manfaat tumbuhan:	Merupakan bahan baku obat antivirus yang dapat menangani virus flu burung, ekstrak adas manis atau kembang lawang ini diekspor ke Korea yang selanjutnya dibuat antivirus flu burung yang bernama "Tamiflu".
Sumber Prosea:	13: Spices p.180-183 (author(s): Cardenas, LB; Guzman, CC de)

<i>Cymbopogon winterianus</i>	
Spesies:	<i>Cymbopogon winterianus</i>
Nama Inggris:	Java citronella grass, winter's grass, old citronella grass
Nama Indonesia:	Serai wangi
Nama Lokal:	Sere wangi (Jawa), Sereh wangi (Sunda), sere (Gayo), barama kusu (Manado), sarai arun (Minangkabau), timbuale (Gorontalo), kendoung witu (Sumba), sare, sere (Makassar), pataha mpori (Bima).
Deskripsi:	Herba menahun dengan tinggi 50-100 cm. Panjang daunnya mencapai 1 m dan lebar 1,5 cm. Tanaman serai wangi tumbuh berumpun. Daun tunggal berjumbai, panjang sampai 1 meter, lebar 1,5 cm, bagian bawahnya agak kasar, tulang daun sejajar. Batang tidak berkayu, berusuk-rusuk pendek, dan berwarna putih. Akarnya serabut.
Distribusi/Penyebaran:	Ditanam orang diseluruh nusantara sebagai bahan campuran obat, makanan dan sayuran.
Habitat:	Serai wangi dapat tumbuh di tempat yang kurang subur bahkan di tempat yang tandus. Karena mampu beradaptasi secara baik dengan lingkungannya, serai wangi tidak memerlukan perawatan khusus.
Perbanyakan:	Perbanyakan dilakukan dengan pemisahan stek anakan. Stek diperoleh dengan cara memecah rumpun yang berukuran besar namun tidak beruas. Potong sebagian daun stek atau kurangi hingga 3 - 5 cm dari pelepah daun. Sebagian akar juga dikurangi dan tinggalkan sekitar 2,5 cm di bawah leher akar.
Manfaat tumbuhan:	Tanaman ini dapat digunakan sebagai menggantikan pestisida kimia yaitu untuk insektisida, bakterisida, dan nematisida. Senyawa aktif dari tanaman ini berbentuk minyak atsiri yang terdiri dari senyawa sitral, citronella, geraniol, mirsenal, nerol, farnesol, metil heptenol dan dipentena. Daun dan tangkainya menghasilkan minyak atsiri yang dapat digunakan untuk mengusir nyamuk dan serangga. Secara tradisional dapat dilakukan dengan cara: a). Daun dan tangkainya ditumbuk lalu direndam dalam air dengan konsentrasi 25 - 50 gram/l; b). Kemudian endapkan selama 24 jam kemudian disaring agar didapat larutan yang siap diaplikasikan; c). Aplikasi dilakukan dengan cara disemprotkan atau disiramkan; d). Sedangkan untuk pengendalian hama gudang dilakukan dengan cara membakar daun atau batang hingga didapatkan abu, lalu sebar / letakkan didekat sarang atau jalur hama tersebut mencari makan.
Sumber Prosea:	19: Essential-oil plants p.106-110 (author(s): Guzman, CC de; Reglos, RA)

Biopestisida Dan Cara Pembuatannya

No	Biopestisida	Bagian	Hama	Cara Membuat
1	<i>Acarus calamus</i> (Dringo)	akar	aphids,larva berbagai hama	akar ditumbuk/digiling, dibuat tepung lalu dicampur dengan air ditambah sedikit sabun (non deterjent).
2	<i>Anona squamosa</i> (Buah nona, Srikaya)	biji	aphid, semut, serangga lain	biji ditumbuk, dibuat tepung lalu dicampur dengan air
3	<i>Allium sativum</i> (Bawang putih)	umbi	aphids, Spodoptera litura, Epilachna varivestis, beberapa hama lain.	tambah bawang bombay, cabe giling dengan sedikit air diamkan satu jam, beri 1 sendok makan sabun(non deterjen), aduk kemudian ditutup simpan di tempat dingin selama 1 minggu
4	<i>Dallium schoenaprosum</i> (Kuca))		Powdery mildew, Downy mildew	seduh dengan air panas, dinginkan lalu saring
5	Nimba	Biji	Wereng batang coklat, penggerek batang, dan nematoda	Biji nimba ditumbuk halus dan dibalik dengan alcohol Encerkan dengan 1 liter air Larutan diendapkan semalam lalu disaring Larutan siap diaplikasikan ke tanaman Serangga akan mati setelah 2 – 3 hari
6	Sirsak	Daun	Wereng batang coklat	Daun sirsak, jeringau, dan bawang putih di haluskan Seluruh bahan dicampur dan direndam dengan air selama 2 hari Larutan disaring Untuk aplikasi 1 liter larutan dicampur dengan 10 – 15 liter air Larutan siap diaplikasikan
7	Sirih dan tembakau	50 lbs daun sirsak 5 lbs daun tbk	Belalang dan ulat	Daun dihaluskan Bahan dicampur dengan air dan dibalik hingga rata Bahan didiamkan selama satumalam Larutan disaring kemudian diencerkan (ditambah dengan 50 – 60 air) Larutan siap digunakan

BAB IX

STANDARISASI DAN SERTIFIKASI SARANA DAN PRODUK ORGANIK

Pendahuluan

Departemen Pertanian AS (*United States Department of Agriculture-USDA*) dan Komisi Masyarakat Eropa kini tengah membahas kesepakatan perdagangan yang akan melahirkan kesetaraan resmi regulasi organik yang berlaku di Amerika Serikat dan Uni Eropa. Demikian ulasan Laura Sayre yang dimuat dalam Jurnal Newfarm Edisi Juni 2004. Sejak Juni 2002, Badan Pertanian AS untuk urusan luar negeri (*Foreign Agricultural Service-FAS*) dan Komisi Masyarakat Uni Eropa sedang menyelesaikan sebuah kesepakatan yang akan membawa dua pasar organik terbesar dunia selangkah lebih dekat ke perdagangan yang selaras dalam produk-produk organik bersertifikat. Pertemuan terbaru mereka diadakan di Washington DC pada tanggal 25–27 Mei 2004. Beberapa pengamat optimis perundingan tersebut akan mendekati kesepakatan pada musim panas tahun ini. Para peserta pertemuan itu berasal dari FAS, Badan Pemasaran Pertanian (*Agricultural Marketing Service-AMS*), Perwakilan Dagang AS, Departemen Luar Negeri AS. Dan di pihak Eropa hadir Direktorat Jenderal Pertanian dan Direktorat Jenderal Perdagangan. Meski mendapat sedikit perhatian media, pembicaraan telah jauh ke depan dan menggambarkan kemajuan besar bagi kepentingan pertanian organik di tingkat internasional. “Perundingan ini akan menjadi preseden, dan menjadi kesepakatan terbesar dalam soal pertanian organik”, kata Allison Thomas, analis ekonomi internasional FAS. Sementara itu, Mark Manis, juru runding dan pakar perdagangan internasional FAS, setuju dengan pernyataan itu. “Potensi terbaik yang diharapkan dihasilkan dari kesepakatan ini adalah keputusan win-win solution, memfasilitasi ekspor organik langsung dengan dua arah melintasi Samudera Atlantik, dan meningkatkan jumlah produk organik domestik dengan mengembangkan ketersediaan kandungan produk organik”, tambah Manis. Kunci perundingan itu adalah membangun ‘kesetaraan’ ketimbang sekedar ‘kerelaan’, antara Standar Organik Nasional AS dan standar organik Uni Eropa, seperti Undang-undang No 2092/91. Kerelaan yang menjadi dasar bagi kebanyakan perdagangan produk organik internasional, sejauh ini mengandung arti sebuah keadaan di mana satu

pemerintah yang menentukan sistem sertifikasi organik digunakan di negara lain memenuhi standar organik negara pertama (benar-benar rela mengikuti aturan standar tersebut). Kesetaraan berarti penentuan pengaturan yang lebih luas, standar organik dua pemerintah tersebut mempunyai tujuan mendasar yang sama, meski keduanya bisa saja berbeda dalam cara bagaimana mereka mencapai tujuan tersebut. Ada pertanyaan tersisa yang harus dijawab oleh AS dan Uni Eropa yaitu apakah hasil akhir yang diharapkan berupa kesepakatan bilateral atau sepasang kesepakatan sepihak yang tidak terkait, dan tiap kesepakatan memiliki keuntungan dan kerugian? Selain itu, isu penggunaan antibiotik pada ternak juga menjadi pertanyaan. Standar organik AS mengajukan syarat jika antibiotik digunakan untuk mengobati ternak yang sakit, maka hewan tersebut harus dipisahkan selamanya (dikarantinakan) dari kelompoknya. Sedang aturan organik Uni Eropa mengkhususkan persyaratan untuk mengembalikan ternak tersebut ke kelompoknya setelah selesai pengobatan. “Ketika memulai perundingan ini, kami harus menyelesaikan 35 isu berbeda”, ujar Mark Manis dari FAS. “Kini kami akan membahas satu isu, tapi itu isu besar sebab dalam kasus ini, di AS peraturannya sangat jelas. Antibiotik sama sekali tidak diizinkan dalam sistem organik AS”. Sementara itu menurut Sheldon Weinberg, konsultan bisnis organik dan anggota Badan Dunia IFOAM (*International Federation of Organic Agriculture Movements*), upaya tersebut wajar dalam perkembangan pasar organik di seluruh dunia dan seharusnya menjadi langkah positif bagi masyarakat organik. Pada awal perkembangan standar organik nasional, IFOAM menekankan kerelaan masyarakat internasional, dunia yang di dalamnya terdapat ketidak-seimbangan dan perbedaan standar organik dari berbagai negara itu secara bertahap harus dihapuskan, dan menghasilkan definisi tunggal mengenai organik. Bahkan kini IFOAM mendorong isu kesetaraan, gagasan bahwa peraturan-peraturan tentang organik di tingkat nasional dapat saja beragam secara rinci namun memiliki kesamaan tujuan.

Pentingnya Standarisasi dan Sertifikasi Produk-Produk Organik

Pada masa yang akan datang dengan makin meningkatnya permintaan bahan pangan akrab lingkungan dan menyehatkan di tingkat nasional maupun global, maka bagaimanapun juga masalah standarisasi dan sertifikasi produk-produk organik sudah harus mendapat perhatian. Ekspor produk pertanian organik Indonesia hingga

saat ini masih belum berjalan mulus. Buruknya standar kualitas produk, menjadi penyebab utama penolakan di negara tujuan.

Hampir 90% produk organik di Indonesia yang beredar di pasar belum memiliki sertifikat organik sehingga rawan penipuan yang berujung merugikan konsumen. Hal itu diketahui setelah sejumlah lembaga sertifikasi organik nasional melakukan analisis secara kasat mata dan menemukan sejumlah produk yang diklaim sebagai produk organik ternyata masih menggunakan pupuk kimia.

Sertifikasi, penting untuk meningkatkan harga produk pertanian terutama yang diekspor. Komoditas untuk perdagangan internasional tersebut antara lain kopi, kakao, kacang mete, dan sebagainya. Selama ini ekspor produk pertanian dari Indonesia sering kali kalah sama produk dari negara lain karena alasan belum memenuhi standarisasi negara tujuan ekspor. Adanya sertifikat sebagai produk organik dan *fair trade* akan membuat komoditas itu lebih bisa diterima pasar internasional karena konsumennya lebih peduli pada isu-isu keberlanjutan ataupun lingkungan.



Gambar 37. Produk Organik yang sudah berlabel

Dirjen Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian Departemen Pertanian, Djoko Said Damardjati mengatakan, masing-masing negara cenderung memiliki standar tersendiri tentang pertanian organik Indonesia sendiri, kata dia, telah memiliki standar berupa *Standar Nasional Indonesia* (SNI) Sistem Pangan Organik sejak 2003. Namun, sertifikasi tersebut belum diakui di banyak negara. Akibatnya,

jika Indonesia mengeksport produk organik harus memenuhi standar negara yang bersangkutan.

Kondisi tersebut diperparah oleh ulah para pengespor yang maunya mengejar untung semata. "Pernah kita diminta kirim mangga kualitas super sebanyak lima kontainer. Namun karena kualitas mangga yang ada tidak sesuai dengan jumlah yang diminta, ditambahkan dengan manga-mangga yang buruk. Yang kena getahnya, akhirnya kan citra bangsa juga", ujar Djoko, salah seorang pemerhati sistem pertanian organik di Indonesia.

Djoko menambahkan, Indonesia sebenarnya sudah sejak lama mengeksport produk-produk organik, seperti kopi organik dari Gayo, Toraja dan Ngada (NTT) ke sejumlah negara di Eropa dan Amerika. Belakangan, Sumatera Utara juga mulai mengirim sayuran organik ke Singapura. Sayangnya, yang memberikan sertifikasi masih lembaga asing. Karenanya, lanjut dia, Deptan tengah mengembangkan lembaga sertifikasi di sejumlah daerah yang berada di bawah Otoritas Kompeten Pangan Organik (OKPO). Untuk sementara, daerah yang dipilih terdiri Jawa Tengah, Yogyakarta, Jawa Timur, dan Sumatra Barat. Diharapkan, lembaga ini beroperasi secara optimal pada 2008. "Kita juga menyediakan lahan seluas 1,6 juta hektar untuk perkembangan tanaman organik", katanya. Untuk meyakinkan sekaligus melindungi konsumen dari produk organik palsu perlu ada sertifikasi. Dengan begitu, lanjutnya, konsumen akan mendapatkan jaminan bahwa produk organik itu sehat dan memiliki kandungan gizi yang tinggi dan ke depan, tren produk organik diperkirakan akan booming, apalagi sudah banyak perusahaan yang terlibat untuk melakukan produksi secara masal. Departemen Pertanian sendiri telah mencanangkan program Go Organik pada 2010. Program tersebut tidak segera disertai dengan akreditasi yang baik. Sampai saat ini masih sulit mencari lembaga penjamin produk organik di Indonesia. Padahal kalau melakukan sertifikasi dari lembaga luar negeri biayanya cukup mahal, kata dia.

"Biaya pengurusan sertifikasi di lembaga sertifikasi organik asing itu bisa empat kali lipat dari yang dilakukan lembaga lokal", tuturnya. Kita harus mulai menyiapkan konsep kendali mutu dan standar baku pertanian organik dengan mengacu pada Standar Baku IFOAM yang dimodifikasi sesuai kondisi pertanian Indonesia. Di dalam IFOAM terdapat sepuluh aspek pertanian organik yang digunakan sebagai standar-standar dasar yaitu: (1) rekayasa genetik, (2) produksi

tanaman dan peternakan secara umum, (3) produksi tanaman, (4) peternakan, (5) produksi akuakultur, (6) pengolahan dan penanganann makanan, (7) pengolahan tekstil, (8) pelabelan, (9) kepedulian sosial, dan (10) pengelolaan hutan.

Standar dasar IFOAM jangan dilihat sebagai pendapat akhir, tetapi merupakan hasil kemajuan yang memeberikan kontribusi pada perkembangan pertanian organik di seluruh dunia. Standar-standar ini tak dapat digunakan begitu saja untuk tujuan sertifikasi tetapi memberikan kerangka dasar ke seluruh dunia untuk menyusun program sertifikasi nasional dan regional. Apabila hasil pertanian organik di jual dengan label organik, produsen dan pengolah hasil harus bekerja berdasarkan kerangka dasar dan sertifikasi yang dilaksanakan sesuai program nasional dan regional. Hal ini memerlukan pengawasan dan sertifikasi secara berkesinambungan.

Program semacam ini akan meyakinkan kredibilitas produk pertanian organik dan membantu menumbuhkan kepercayaan konsumen pada pertanian organik.

IFOAM (*International Federasion of Organik Agriculture Movement*) mengembangkan standar baku pertanian organik yang dapat digunakan sebagai acuan dalam menyusun mutu (*quality control*) dan sertifikasi nasional. Pertanian organik di Indonesia masih merupakan gerakan yang sangat terbatas, belum sepenuhnya mendapat dukungan, baik dari kalangan petani, peneliti dan pemerintah, maka masalah kendali mutu dan sertifikasi belum mendapatkan perhatian.

Standarisasi Produk Organik

Produk organik pada dasarnya berasal dari sistem pertanian organik yang menerapkan praktek manajemen ekosistem dalam mencapai produktivitas yang terlanjutkan (SNI, 2002).

Produk organik dihasilkan dari Sistem Pertanian Organik pada lahan dengan aktivitas biologi yang tinggi, dicirikan oleh tingkat humus, kecukupan hara bagi perakaran tanaman dan tidak mengandalkan tambahan hara dari pupuk kimia buatan pabrik (McCoy, 2002); OCPP/Pro-Cert Canada, 2002; dan ACT, 2001). Sistem pertanian organik sangat tergantung dengan diversifikasi tanaman, rotasi tanaman, residu tanaman, pupuk kandang, pupuk hijau, pupuk dari batuan alam, tanaman legum, budidaya secara mekanik dan pengendalian hama secara biologis untuk mengelola kesuburan dan produktivitas tanah.

Sistem pertanian organik dilakukan dengan cara menghindari benih/bibit hasil rekayasa genetik serta menghindari pula penggunaan pupuk, pestisida kimia dan zat pengatur tumbuh (Hasil perumusan Lokakarya Pertanian Organik, 2002). Standarisasi Nasional Indonesia menetapkan beberapa aturan prinsip produk organik:

1. Diproduksi pada lahan yang sedang dalam periode konversi paling sedikit 2 (dua) tahun sebelum penebaran benih atau kalau tanaman tahunan minimal 3 (tiga) tahun.
2. Produksi pangan organik dimulai pada saat produksi telah mendapat sistem pengawasan.
3. Kesuburan dan aktivitas biologis tanah harus dipelihara atau ditingkatkan dengan cara:
 - Penanaman legum, pupuk hijau atau tanaman berperakaran dalam melalui program rotasi tahunan.
 - Mencampur bahan organik ke dalam tanah baik dalam bentuk kompos maupun tidak dari unit produksi yang sesuai dengan standar ini (contoh: pupuk kandang yang berasal dari *faktery farming* tidak diperbolehkan).
 - Untuk aktifasi kompos digunakan penambahan mikroba.
 - Bahan biodinamik dari *stone meal*, kotoran hewan atau tanaman boleh digunakan.
4. Hama, penyakit dan gulma harus dikendalikan oleh salah satu atau kombinasi dari cara berikut:
 - Pemilihan spesies dan varietas yang sesuai program rotasi yang sesuai pengolahan tanah secara mekanis.
 - Perlindungan musuh alami melalui penyediaan habitat yang sesuai dengan ekosistem yang beragam.
 - Pemberian musuh alami (pelepasan predator dan parasit).
 - Penggunaan mulsa.
 - Pengendalian mekanis seperti penggunaan perangkap, penghalang cahaya dan suara.
5. Benih atau bibit harus berasal dari tumbuhan yang ditumbuhkan dengan cara sistem pertanian organik paling sedikit satu generasi atau dua musim untuk tanaman semusim.

6. Pengumpulan tanaman dan bagian tanaman yang tumbuh secara alami di daerah alami. Kawasan hutan dan pertanian dapat dianggap sebagai produk organik apabila penanganannya tidak mengganggu stabilitas alami.

Departemen Pertanian juga telah menyusun standar pertanian organik di Indonesia, tertuang dalam SNI 01-6729-2002. Sistem pertanian organik menganut paham **Organik Proses**, artinya semua proses sistem pertanian organik dimulai dari penyiapan lahan hingga pasca panen memenuhi standar budidaya organik, bukan dilihat dari produk organik yang dihasilkan. SNI sistem pangan organik ini merupakan dasar bagi lembaga sertifikasi yang nantinya juga harus di akreditasi oleh Deptan melalui PSA (Pusat Standarisasi dan Akreditasi). SNI Sistem pangan organik disusun dengan mengadopsi seluruh materi dalam dokumen standar CAC/GL 32? 1999, *Guidelines for the production, processing, labeling and marketing of organically produced foods* dan dimodifikasi sesuai dengan kondisi Indonesia.

Ekspor produk pertanian organik Indonesia hingga saat ini masih belum berjalan mulus. Buruknya standar kualitas produk, menjadi penyebab utama penolakan di negara tujuan. Dirjen Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian Departemen Pertanian Djoko Said Damardjati mengatakan, masing-masing negara cenderung memiliki standar tersendiri tentang pertanian organik. Kondisi tersebut tentu sangat merugikan dan menghambat lalu lintas ekspor-impor produk organik. Setidaknya ada lima kelompok standar yang banyak diadopsi negara-negara di dunia, yakni: *United States Department of Agriculture (USDA)*, *Europe Union (UE) Standar*, *Japan Agriculture Standar (JAS)*, *East Africa Organik Standar (EAOS)* dan *International Federation of Organic Agriculture Movement (IFOAM)*. Indonesia sendiri, kata dia, telah memiliki standar berupa Standar Nasional Indonesia (SNI) Sistem Pangan Organik sejak 2003. Namun, sertifikasi tersebut belum diakui di banyak negara. Akibatnya, jika Indonesia mengeksport produk organik harus memenuhi standar negara yang bersangkutan.

Kondisi tersebut diperparah oleh ulah para pengespor yang maunya mengejar untung semata. Pernah kita diminta kirim mangga kualitas super sebanyak lima kontainer. Namun karena kualitas mangga yang ada tidak sesuai dengan jumlah yang diminta, ditambahkan dengan manga-mangga yang buruk. Indonesia sebenarnya sudah sejak lama mengeksport produk-produk organik, seperti kopi organik dari Gayo, Toraja dan Ngada (NTT) ke sejumlah negara di Eropa dan

Amerika. Belakangan, Sumatera Utara juga mulai mengirim sayuran organik ke Singapura. Sayangnya, yang memberikan sertifikasi masih lembaga asing. Deptan tengah mengembangkan lembaga sertifikasi di sejumlah daerah yang berada di bawah Otoritas Kompeten Pangan Organik (OKPO). Untuk sementara, daerah yang dipilih terdiri Jawa Tengah, Jogjakarta, Jawa Timur, dan Sumatra Barat. Diharapkan, lembaga ini beroperasi secara optimal pada 2008.

Departemen Pertanian AS (*United States Department of Agriculture-USDA*) dan Komisi Masyarakat Eropa kini tengah membahas kesepakatan perdagangan yang akan melahirkan kesetaraan resmi regulasi organik yang berlaku di Amerika Serikat dan Uni Eropa. Demikian ulasan Laura Sayre yang dimuat dalam Jurnal Newfarm Edisi Juni 2004. Sejak Juni 2002, Badan Pertanian AS untuk urusan luar negeri (*Foreign Agricultural Service-FAS*) dan Komisi Masyarakat Uni Eropa sedang menyelesaikan sebuah kesepakatan yang akan membawa dua pasar organik terbesar dunia selangkah lebih dekat ke perdagangan yang selaras dalam produk-produk organik bersertifikat. Pertemuan terbaru mereka diadakan di Washington DC pada tanggal 25–27 Mei 2004. Beberapa pengamat optimis perundingan tersebut akan mendekati kesepakatan pada musim panas tahun ini. Para peserta pertemuan itu berasal dari FAS, Badan Pemasaran Pertanian (*Agricultural Marketing Service-AMS*), Perwakilan Dagang AS, Departemen Luar Negeri AS. Dan di pihak Eropa hadir Direktorat Jenderal Pertanian dan Direktorat Jenderal Perdagangan. Meski mendapat sedikit perhatian media, pembicaraan telah jauh ke depan dan menggambarkan kemajuan besar bagi kepentingan pertanian organik di tingkat internasional. “Perundingan ini akan menjadi preseden, dan menjadi kesepakatan terbesar dalam soal pertanian organik”, kata Allison Thomas, analis ekonomi internasional FAS. Sementara itu, Mark Manis, juru runding dan pakar perdagangan internasional FAS, setuju dengan pernyataan itu. “Potensi terbaik yang diharapkan dihasilkan dari kesepakatan ini adalah keputusan win-win solution, memfasilitasi ekspor organik langsung dengan dua arah melintasi Samudera Atlantik, dan meningkatkan jumlah produk organik domestik dengan mengembangkan ketersediaan kandungan produk organik”, tambah Manis. Kunci perundingan itu adalah membangun ‘kesetaraan’ ketimbang sekedar ‘kerelaan’ antara Standar Organik Nasional AS dan standar organik Uni Eropa, seperti Undang-undang No 2092/91. Kerelaan yang menjadi dasar bagi kebanyakan perdagangan produk

organik internasional, sejauh ini mengandung arti sebuah keadaan di mana satu pemerintah yang menentukan sistem sertifikasi organik digunakan di negara lain memenuhi standar organik negara pertama (benar-benar rela mengikuti aturan standar tersebut). Kesetaraan berarti penentuan pengaturan yang lebih luas, standar organik dua pemerintah tersebut mempunyai tujuan mendasar yang sama, meski keduanya bisa saja berbeda dalam cara bagaimana mereka mencapai tujuan tersebut. Ada pertanyaan tersisa yang harus dijawab oleh AS dan Uni Eropa yaitu apakah hasil akhir yang diharapkan berupa kesepakatan bilateral atau sepasang kesepakatan sepihak yang tidak terkait, dan tiap kesepakatan memiliki keuntungan dan kerugian? Selain itu, isu penggunaan antibiotik pada ternak juga menjadi pertanyaan. Standar organik AS mengajukan syarat jika antibiotik digunakan untuk mengobati ternak yang sakit, maka hewan tersebut harus dipisahkan selamanya (dikarantinakan) dari kelompoknya. Sedang aturan organik Uni Eropa mengkhususkan persyaratan untuk mengembalikan ternak tersebut ke kelompoknya setelah selesai pengobatan. “Ketika memulai perundingan ini, kami harus menyelesaikan 35 isu berbeda”, ujar Mark Manis dari FAS. “Kini kami akan membahas satu isu, tapi itu isu besar sebab dalam kasus ini, di AS peraturannya sangat jelas. Antibiotik sama sekali tidak diizinkan dalam sistem organik AS. ” Sementara itu menurut Sheldon Weinberg, konsultan bisnis organik dan anggota Badan Dunia IFOAM (*International Federation of Organic Agriculture Movements*), upaya tersebut wajar dalam perkembangan pasar organik di seluruh dunia dan seharusnya menjadi langkah positif bagi masyarakat organik. Pada awal perkembangan standar organik nasional, IFOAM menekankan kerelaan masyarakat internasional, dunia yang di dalamnya terdapat ketidak-seimbangan dan perbedaan standar organik dari berbagai negara itu secara bertahap harus dihapuskan, dan menghasilkan definisi tunggal mengenai organik. Bahkan kini IFOAM mendorong isu kesetaraan, gagasan bahwa peraturan-peraturan tentang organik di tingkat nasional dapat saja beragam secara rinci namun memiliki kesamaan tujuan.

USDA (Departemen Pertanian AS, April ‘08) menetapkan standar produksi dan handling organik untuk hewan-hewan ternak pedaging, telur dan susu dapat dinyatakan organik jika memenuhi antara lain:

1. Ternak potong dapat dinyatakan organik jika sejak sepertiga terakhir dari masa kehamilan dikelola secara organik. Sedangkan pada ayam jika sejak hari kedua anak ayam sudah dipelihara secara organik.
2. Diberi pakan organik dan boleh diberi suplemen vitamin dan mineral.
3. Sapi perah yang menghasilkan susu dan produk2 lainnya dapat dinyatakan organik setidaknya jika sudah dipelihara secara organik selama 12 bulan.
4. Semua ternak tidak boleh diberi hormon pertumbuhan dan antibiotik.

Adalah kenyataan pengertian organik yang baku yang dapat diterima oleh para pihak baik konsumen, produsen maupun institusi pengawasan hingga sekarang ini masih belum ada. Pada aras internasional standar produk maupun proses organik yang dikembangkan awalnya oleh Eropah pada akhir tahun 90-an dan AS yang mencoba menyusunnya kemudian, belum mencapai kesepakatan penuh. Masih terdapat puluhan (35 isu) yang belum terselesaikan sehingga EU-dan US dapat mencapai kesetaraan (MRA=mutual recognition agreement) diantara keduanya. Adalah wajar pula bila kita di Indonesia sendiri belum mempunyai batasan tentang organik tersebut.

Di dalam USDA sendiri ada beberapa pengertian tentang organik yang perbedaannya teknis sekali untuk diuraikan disini. Sedangkan untuk UK ada 10 lembaga yang memberi sertifikasi organik, namun yang paling berpengaruh adalah Soil Association (www.defra.gov.uk). UK sendiri mengemukakan 4 prinsip dalam menetapkan suatu produk organik yaitu: *principle of health, fairness, ecology and careness*. Di Amerika sendiri misalnya ada upaya menekankan Labelling yang mempertimbangkan kepentingan konsumen untuk mendapatkan produk yang baik dan produsen untuk membedakan produk mereka disamakan dengan produk biasa.

Isu labeling ini dikumandangkan oleh *Principle display Panel* (PDP) yang memberikan toleransi sampai 70% sudah bisa dikategorikan organik. Sebenarnya isu sertifikasi ini gencar disuarakan oleh EU dan AS. Mereka sebagai konsumen sibuk membuat ketentuan padahal faktanya produsen organik adalah Asia dan Australia mengingat kondisi lahan pertaniannya potensial sebagai produsen organik. Eropah sendiri banyak konsen mengenai handling, karena mereka tahu jauhnya jarak negara produsen ke Eropah. Amerika sendiri punya kebijakan non sertifikasi produk

bagi para produsennya yang hasil produknya dibawah 5000 US Dollar pertahun untuk pasar lokal.

Pada awal perkembangan standar organik nasional, IFOAM (*International Federation of Organic Agriculture Movements*-www.ifoam.org) menekankan kerelaan masyarakat internasional agar ketidak-seimbangan dan perbedaan standar organik dari berbagai negara itu secara bertahap dihapuskan, dan menghasilkan definisi tunggal mengenai organik. Bahkan kini IFOAM mendorong isu kesetaraan, gagasan bahwa peraturan-peraturan tentang organik di tingkat nasional dapat saja beragam secara rinci namun memiliki kesamaan tujuan. Bagi Indonesia, kita harus kritis, jangan hanya mengacu standar USDA. Karena isu Organik ini juga berkembang, dan juga adanya bias untuk kepentingan nasional masing-masing negara, antara lain untuk menjadi *trade barrier* baru dalam perdagangan internasional. Produsen produk komoditi pertanian organik disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Berbagai Produk Pertanian Organik Segar dan Negara Pengekspor di Luar Eropa dan Amerika Serikat (Buley *et al*, 1997).

Produk	Negara Asal
1. Apel	Argentina
2. Pisang	Dominika, Meksiko.
3. Jahe	<i>Guyana</i> , Indonesia, Jamaika, Meksiko
4. Mangga	Haiti, Meksiko, Argentina
5. Pear	Argentina, Cili
6. Nenas	Honduras, Meksiko
7. Tomat	Meksiko

Beberapa Bahan-Bahan Yang Memenuhi Syarat Digunakan Dalam Memproses Produk Pertanian Organik terlihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Bahan-bahan yang Memenuhi Syarat sebagai Pupuk dan *Soil Conditioners* dalam Pertanian Organik menurut EEC No. 2092/91 (EEC Council Regulation 1999)

Bahan	Penjelasan
Pupuk kandang	Bahan yang terdiri dari campuran kotoran hewan, sisa tanaman dan alas tidur (<i>animal bedding</i>). Harus disyahkan oleh badan inspeksi. Jenis ternaknya harus disebutkan, berasal dari peternakan yang diusahakan secara ekstensif
Pupuk kandang kering dan kotoran ayam	Harus disyahkan oleh badan inspeksi, Jenis ternaknya harus disebutkan, Berasal dari peternakan yang diusahakan secara ekstensif
Kotoran ternak yang dikomposkan	Harus disyahkan oleh badan inspeksi, Jenis ternaknya harus disebutkan, Peternakan yang intensif tidak diizinkan
Kotoran hewan cair (<i>slurry, urine</i>)	Digunakan setelah direfermentasi secara terkontrol, Harus disyahkan oleh badan inspeksi, Jenis ternaknya harus disebutkan, peternakan yang intensif tidak diizinkan

Adapun bahan-bahan yang memenuhi syarat digunakan dalam memproses produk pertanian organik terlihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Jenis Produk Organik Kering dan Telah Diproses Yang Dipasarkan di Eropa dan Amerika Serikat Tahun 1996 (Buley *et al*, 1997).

Bahan	Penjelasan
Pupuk kandang	Bahan yang terdiri dari campuran kotoran hewan, Sisa tanaman dan alas tidur (<i>animal bedding</i>), Harus disyahkan oleh badan inspeksi, Jenis ternaknya harus disebutkan, Berasal dari peternakan yang diusahakan secara ekstensif (EEC Regulation NO. 3669/93 (2)).
Pupuk kandang kering dan kotoran ayam	Harus disyahkan oleh badan inspeksi, Jenis ternaknya harus disebutkan, Berasal dari peternakan yang diusahakan secara ekstensif (EC Regulation NO. 2328/91 (2)).
Kotoran ternak yang dikomposkan (termasuk ayam dan pupuk kandang)	Harus disyahkan oleh badan inspeksi, Jenis ternaknya harus disebutkan, Peternakan yang intensif tidak diizinkan
Kotoran hewan cair (<i>slurry, urine</i>)	Digunakan setelah direfermentasi secara terkontrol, Harus disyahkan oleh badan inspeksi, Jenis ternaknya harus disebutkan, Peternakan yang intensif tidak diizinkan

Tabel 16. lanjutan...

Bahan	Penjelasan
Kompos dari limbah rumah tangga	Kompos limbah rumah tangga yang telah dipisahkan, Hanya limbah tanaman dan limbah hewan, Diproduksi dalam sistem tertutup dan dipantau secara teratur. Kandungan maksimum logam berat (Mg/kg). Cd 0,7; Cu 70; Ni 25; Pb 45; Zn 200; Hg 0,4; Cr (total) 70; Cr (VI) 0. Berlaku sampai 31 Maret 2002 Harus diketahui badan inspeksi
Gambut	Digunakan terbatas pada hortikultura, Liat (clay) seperti perlite, vermikulite
Limbah budidaya jamur	Komposisi bahan dasarnya harus terbatas pada bahan yang ada dalam daftar yang disyahkan ini
Vermicompost dan serangga	OK
Guano	Harus diketahui badan inspeksi
Limbah sayuran yang dikomposkan	Harus diketahui badan inspeksi
Bahan dan <i>by product</i> yang berasal dari hewan: Blood meal, hoof meal, bone meal,	Harus diketahui badan inspeksi
Degelatined bone meal, animal charcoal, fish meal, meat meal, feather, hair, wool meal, hair dan dairy products. Fur	Tidak mengandung Cr (IV)
Bahan dan <i>by product</i> yang berasal dari tanaman rumput laut dan hasil rumput laut.	Contoh: kulit kakao, <i>oilsed cake meal</i> Dengan persyaratan diolah secara fisik termasuk dehidrasi, pendinginan dan penggilingan, Intraksi dengan air atau larutan asam/basa fermentasi. Harus diketahui oleh badan inspeksi
Serbuk gergaji, chip kayu, kompos kulit kayu, abu	Kayu tidak diberi perlakuan kimia setelah ditebang
batuan fosfat yang digiling Al-Ca-fosfat	Kandungan Cd<90 mg/kg P2 O5 Kandungan Cd<90 mg/kg P2 O5 hanya untuk tanah yang pH>7,5
Terak baja (Basic slag)	Harus diketahui oleh badan inspeksi
Garam Kalium Kasar (Crude Potassium Salt) seperti kainit, sylvinit	Harus diketahui oleh badan inspeksi
K ₂ SO ₄ mengandung garam Mg	Harus diketahui oleh badan inspeksi

Tabel 16. lanjutan...

Bahan	Penjelasan
Kalsium karbonat alam (kapur marl, batu kapur, kapur fosfat) Mg-Ca karbonat	OK
MgSO ₄ (kieserite)	OK
Larutan Ca Cl ₂	Dipakai melalui daun apel bila diidentifikasi kakurangan Ca Harus diketahui oleh badan inspeksi
Gypsum	Alami
Kapur hasil proses pembuatan gula	Harus diketahui badan inspeksi, berlaku sampai 31 Maret 2002
Belerang	Harus diketahui badan inspeksi
Unsur mikro	Directive 89/530/EEC (5) Harus diketahui badan inspeksi
NaCl	Harus diketahui badan inspeksi
Stone meal	OK

Tabel. 17. Bahan-bahan yang Memenuhi Syarat sebagai Bahan Pelindung Tanaman dalam Pertanian Organik Menurut EEC NO. 2092/91 (EEC Council Regulation, 1999)

Bahan	Uraian mengenai komposisi dan aturan penggunaan
Ekstrak Azadirachtin dari Neem tree (<i>Azadirachta indica</i>)	Insektisida, hanya digunakan untuk pohon induk untuk memproduksi benih atau pohon induk memproduksi bahan tanaman secara vegetatif
Lecithin	Fungisida
Protein yang sudah dihidrolisa	<i>Attractant</i>
Gelatin	Insektisida
Ekstrak tembakau (pengekstrak air)	Insektisida hanya untuk memberantas aphid pada tanaman subtropika (orange, lemon) dan tanaman tropika seperti pisang; digunakan hanya pada saat permulaan masa vegetative, Harus diketahui badan inspeksi; berlaku sampai 31 Maret 2002
Minyak tanaman (<i>mint, pine, caraway oil</i>)	Insektisida, acarisida, fungisida
Pyrethrin yang diekstrak dari <i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i>	Insektisida
Quassia yang diekstrak dari <i>Deriss spp Lonchocarpus spp, Theprosia spp</i>	Insektisida
Retnon yang diekstrak dari <i>Deriss spp Lonchocarpus spp, Theprosia spp</i>	Insektisida Harus diketahui badan inspeksi

Tabel. 18. Beberapa Bahan Yang Diijinkan Untuk Penyubur Tanah (SNI, 2002).

No	Jenis Bahan	Keterangan
1	Kotoran Ternak	Diperbolehkan. Bahan yang berasal dari <i>faktery farming</i> tidak diijinkan untuk digunakan. Untuk kotoran yang dapat menyebabkan ketidakhalalan harus dinyatakan dalam sistem mutunya.
2	Cairan (slurry) atau urine ternak	Diperbolehkan. Sebaiknya digunakan setelah difermentasi dan/atau pengenceran yang tepat. Bahan yang berasal dari <i>faktery farming</i> tidak diijinkan untuk digunakan.
3	Kompos dari kotoran ternak	Diperbolehkan. Bahan yang berasal dari <i>faktery farming</i> tidak diijinkan untuk digunakan.
4	Guano	Diperbolehkan.
5	Sisa tanaman. Mulsa, pupuk hijau	Diperbolehkan.
6	Kompos dari sisa industri jamur, humus dari vermikultur	Diperbolehkan.
7	Kompos dari limbah organik rumah tangga	Diperbolehkan.
8.	Kompos dari residu tanaman	Tidak diatur oleh negara manapun
9.	Limbah rumah potong hewan, industri	Diperbolehkan.
10.	Produk samping industri pangan dan tekstil	Diperbolehkan. Dengan syarat tanpa ada perlakuan dengan bahan aditif buatan pabrik
11.	Serbuk gergaji, tatal dan limbah kayu	Diperbolehkan.
12.	Abu kayu	Diperbolehkan.
13.	Batu fosfat alam	Diperbolehkan. Asalkan cadmiumnya tidak lebih dari 90 mg/kg P ₂ O ₅
14.	Batu kalium, garam kalium tambang	Diperbolehkan. Asal kurang dari 60% klorin
15.	Sulfat kalium	Diperbolehkan. Asalkan diperoleh dengan prosedur fisik tapi tidak diperkaya dengan proses kimia untuk meningkatkan solubilitasnya
16.	Gambut	Diperbolehkan. Tidak termasuk bahan aditif sintesis, diijinkan untuk benih, kompos dalam pot
17.	Organisme alami (cacing)	Tidak diatur oleh negara manapun
18.	Humus dari cacing tanah dan serangga	Tidak diatur oleh negara manapun

Sertifikasi Produk Organik

Sertifikasi produk organik sangat tergantung pada pasar yang berkembang pada saat ini. Untuk menjawab hal ini maka kita mengambil contoh negara-negara uni Eropa dan Amerika Serikat. Model sertifikasi yang sudah berkembang di kedua kawasan tersebut dapat digunakan sebagai acuan, dan selanjutnya dalam mengembangkan model sertifikasi yang sudah ada menyesuaikan dengan kondisi di Indonesia. Beberapa negara Asia seperti India, Jepang, Korea telah menyusun panduan sertifikasi produk organik. Sampai tahun 2000 terdapat beberapa lembaga sertifikasi nasional yang mendapat akreditasi dari IFOAM yaitu: KRAV (Swedia), National Association Sustainable Agriculture Australia (Australia), Fram Verified Organik (USA), Instituto Biidinamico (Brazil), Soil Association Certification Ltd (Inggris), Biogricoop (Itali), Oregon Tilth (USA), natural verband (Jerman), California Certified Organik Farmers (USA), Organik Grower and Buyer Association (USA), Argencert S>R>L> (Argentina), Bio-Gro (New Zealand), Bolicert (Bolivia) dan AIAB (Itali).

Negara-Negara Uni Eropa

Perhatian mesyarakat modern di kawasan Eropa terhadap kesehatan dan lingkungan makin meningkat, sehingga konsumen produk pertanian mulai memperhatikan produk yang menyehatkan dan akrab lingkungan. Yang sering terjadi konsumen tidak mengetahui secara jelas apa yang dimaksud dengan istilah produk *biologis*, *ekologis*, *green manure* atau *organik*, yang seringkali oleh para konsumen dianggap lama. Kerancuan seringkali muncul disebabkan adanya label seperti *controlled*, *integrated* atau *untreated* terhadap produk yang berasal dari pertanian konvensional.

Produk organik yang sebenarnya disertifikasi sesuai dengan standar mulai dari budidaya sampai pengolahannya. Dengan demikian, untuk dapat mengekspor bahan produk organik ke Eropa maka harus memenuhi kualifikasi Standar Peraturan Pertanian Organik Uni Eropa No. 2092/91 dan Lampiran-lampiran yang menyertainya.

Pelabelan bisa saja membuat produk lain diberi label organik, tetapi apabila diproduksi tanpa mengikuti panduan Uni Eropa maka diklasifikasikan sebagai produk konvensional. Pada masa lalu konsumen tidak dapat membedakan produk

organik dan konvensional yang diberi label organik. Hal ini disebabkan tidak ada keseragaman antar negara di Eropa.

Sebelum peraturan UE 1993 diimplementasikan, produk pertanian organik didefinisikan sebagai asosiasi pertanian organik pada skala nasional dan internasional. Kelemahan yang dihadapi asosiasi ini adalah saat diberlakukannya standar yang telah disusun bersifat ketat dan konsisten, sehingga implementasinya hanya terbatas untuk asosiasi produsen dan pengolahan produk organik dan sama sekali tidak mampu mengontrol pasar yang berkembang. Selanjutnya muncul definisi umum "bio" yang berarti bebas residu kimia tetapi karena tidak cukup kriteria maka menentukan bebas residu maka muncul dua tanggapan: petani konvensional dapat menjual produk "bebas residu" sebagai produk organik; dan petani organik dapat menganggap suatu produk mengandung residu meskipun tidak menggunakan bahan agrokimia.

Sejak saat itu peraturan pertanian organik UE diberlakukan secara ketat. Secara umum panduan organik pada UE tidak terbatas pada budi daya saja tetapi masalah pasca panen termasuk pengolahan produk organik. Keseluruhan perjalanan produk organik diawasi ketat mulai dari lahan pertanian, pengolahan, perdagangan sampai pasar diawasi ketat seperti halnya pengawasan terhadap produk impor organik.

Pada produk organik juga muncul beberapa istilah seperti "whole", "food diet", atau "reform" yang mengacu pada bentuk dan komposisi spesifik nutrisi atau karakteristik bahan pangan yang tidak harus organik. "Label produk organik" kemungkinan hanya digunakan untuk produk yang berasal dari "budi daya organik bersertifikat".

Amerika Serikat

Produk pangan organik di Amerika sudah berlangsung selama empat generasi petani organik. Generasi pertama adalah petani yang tidak pernah mengadopsi bahan agrokimia dan generasi ini berkembang cepat setelah perang dunia II. Generasi kedua berkembang setelah munculnya gerakan "kembali ke lahan pada tahun 1960 sampai 1970". Banyak petani dari generasi ini menolak sistem retail makanan secara komersial dan mengembangkan model alternatif dengan cara membuat kelompok pembeli, koperasi, dan menjual langsung pada konsumen.

Pada saat pertanian Amerika mengalami masa-masa sulit tahun 1980, banyak petani konvensional berubah menjadi petani organik untuk menghindarkan masukan berharga mahal. Petani juga mengetahui kecenderungan yang berkembang di pasaran yaitu produk pertanian yang bebas residu kimia sehingga mendorong berkembangnya pertanian organik (Baker, 1996). Selain periode tersebut petani melihat konsekuensi lingkungan akibat penggunaan bahan agrokimia yang berlebihan dan mengubah menjadi produk organik untuk menekan penggunaan bahan kimia ke lahan pertanian.

Pada tahun 1973 *California Certified Organic Farms* (CCOF) mengembangkan standar produksi yang seragam dan pada tahun yang sama pula menetapkan program sertifikasi organik untuk membuat verifikasi sistem pertanian yang dilaksanakan oleh petani. Pada tahun 1979, *California Organic Foods Act* menjadi produk hukum pertama di USA untuk membuat standar produk organik. Setelah ditetapkannya CCOF petani organik membuat serf if ikat organisasi untuk seluruh Amerika dan pada tahun 1995 sudah 30 negara bagian yang menerbitkan peraturan pertanian organik. Tahun 1990 kongres Amerika menerbitkan federal Organik Foods Production Act (OFPA) yang bertujuan membuat standar nasional pertanian organik, meyakinkan konsumen bahwa produk telah memenuhi secara konsisten standar dan merupakan fasilitas badan komersial makanan organik antar negara bagian. Pada saat ini di Amerika terdapat 44 lembaga sertifikasi, 33 lembaga swasta dan 11 lembaga yang dibentuk negara bagian. Senagian lembaga tersebut merupakan anggota Organik Certif ier Council (OCC) dan merupakan salah satu sector dari Organik Trade Ass (OTA), yaitu asosiasi produk makanan organik di Amerika Utara yang dibentuk tahun 1984 yang dulunya bernama OFPANA bergerak pada asosiasi perdangan semua industri organik mulai petani sampai importer.

Di Amerika "organik" merupakan satu-satunya istilah yang digunakan untuk semua produk makanan yang dihasilkan tanpa menggunakan pupuk sintesis dan pestisida. Istilah lainnya seperti "bebas pestisida", "tanpa disemprot", "PHT" dan "reduksi pestisida" kadang-kadang digunakan untuk tujuan pemasaran tanpa mengandung arti khusus. Hanya produk yang disertifikasi organik dapat di jual dengan harga yang menguntungkan secara konsisten.

Bila dilihat kondisi petani di Indonesia, hampir tidak mungkin mereka mendapatkan label sertifikasi dari suatu lembaga sertifikasi asing maupun dalam

negri. Luasan lahan yang dimiliki serta biaya sertifikasi yang tidak terjangkau, menyebabkan mereka tidak mampu mensertifikasi lahannya. Satu-satunya jalan adalah membentuk suatu kelompok petani organik dalam suatu kawasan yang luas yang memenuhi syarat sertifikasi, dengan demikian mereka dapat pembiayaan sertifikasi usaha tani mereka secara gotong royong. Namun ini pun masih sangat tergantung pada kontinuitas produksi mereka.

Sertifikasi organik dan *fair trade* belum menjadi perhatian petani di Indonesia saat ini. Padahal sertifikasi akan meningkatkan harga produk pertanian terutama untuk komoditas ekspor. Demikian dikatakan Indro Surono, *Board of PT Biocert*, lembaga sertifikasi untuk produk pertanian di Denpasar akhir pekan lalu. Indro, yang juga perwakilan lembaga sertifikasi dari Swiss, *Institute for Marketecology* (IMO) di Indonesia, mengatakan saat itu dalam seminar *Social and Fairtrade: Toward Responsible and Fair Business in Agriculture*. Seminar sehari itu diikuti petani, mahasiswa, perusahaan pengolah hasil pertanian, aktivis lembaga swadaya masyarakat (LSM), dan Dinas Pertanian.

Menurut Indro, saat ini baru sekitar 1200 petani di Indonesia yang memiliki sertifikasi produk organik dan *fair trade*. Padahal jumlah petani di Indonesia hampir mencapai 50 persen penduduk Indonesia saat ini atau sekitar 100 juta. "Jadi sangat kecil petani yang sudah peduli masalah sertifikasi", katanya. Sedikitnya petani yang memiliki sertifikasi tersebut, kata Indro, karena biaya untuk sertifikasi memang relatif mahal. Untuk satu kali sertifikasi harganya bisa sampai Rp 40 juta per tahun. Karena itu muncul adanya *Internal Control Sistem* (ICS) di mana petani secara berkelompok bisa menjadi penilai sendiri atas kualitas yang mereka miliki.

Salah satu kelompok tani yang sudah mendapat sertifikat dari IMO, lanjutnya, adalah petani-petani jambu mete di Kubu, Karangasem. Sejak 2006 lalu, sekitar 400 petani yang tergabung dalam lima subak abian itu sudah mendapatkan sertifikasi bahwa produk mereka sudah memenuhi standar organik dan *fair trade*. Dalam kesempatan yang sama, Kepala Seksi Panen, Pasca Panen dan Pengolahan Hasil Dinas Perkebunan Propinsi Bali Dewa Made Sutamba Wijaya menambahkan bahwa saat ini Kecamatan Kubu Karangasem memang menjadi salah satu sentra jambu mete di Bali selain Seririt dan Gerokgak di Buleleng.

Sertifikasi *fair trade* sangat penting bagi komoditas perkebunan *fair trade* dalam isu pertanian, harus berdasarkan pada tiga hal yaitu transparansi, partisipasi,

dan tidak diskriminatif. "Adanya transparansi akan membuat petani maupun konsumen memperoleh informasi yang jelas mengenai komoditas pertanian yang diperdagangkan". Sedangkan partisipasi berarti produsen juga terlibat berperan aktif dalam menentukan harga tanpa harus mengorbankan kepentingan petani. *Fair trade*, lanjutnya, bisa jadi alternatif untuk melindungi dan meningkatkan kesejahteraan petani, membangun model kemitraan antara produsen dan konsumen, memperhatikan isu lingkungan, serta melindungi anak-anak dari eksploitasi tenaga kerja.

Tentang sertifikasi yang relevan terhadap produk fitofarmaka dan aromatik, sebenarnya tidak terbatas hanya untuk organik saja, setidaknya-untuk saat ini-terdapat empat macam sertifikasi yang menunjukkan standar dasar sebuah produk dapat memenuhi kualifikasi yang telah ditetapkan oleh pasar. Adapun sertifikasi dasar yang sebaiknya dipenuhi oleh produsen untuk memasuki pasar – dan bersaing tentunya-adalah sebagai berikut:

1. Sertifikasi Manajemen Kehutanan atau *Forest Management Stewardship Council (FSC)* . Salah satu publikasi yang menarik seputar sertifikasi ini adalah "*Tapping The Green Market*" oleh P. Stanley et al (2002). Tujuan dari publikasi ini adalah untuk menjelaskan proses sertifikasi dari produk hasil hutan non kayu. Hal tersebut termasuk kriteria detail dari proses sertifikasi berdasarkan prinsip *Forest Stewardship Council*. Pada tahun 2001, sebuah perusahaan Brasil mendapatkan sertifikasi FSC untuk lahan hutan perawan seluas 80 hektar dimana dari area tersebut diolah bahan mentah untuk menghasilkan ekstrak biofarmaka dan tanaman aromatik. Sangat diharapkan untuk inisiatif dari para pelaku pasar melakukan sertifikasi semacam ini.
2. Sertifikasi Sosial, atau yang lebih dikenal dengan Perdagangan Berkeadilan (*Fair Trade*). Kebutuhan untuk produk yang memenuhi syarat perdagangan berkeadilan sangat tinggi di Uni Eropa. Badan sertifikasi terkenalnya adalah *FLO-Fairtrade Labelling International*. Mereka menghasilkan standar perdagangan berkeadilan untuk jangkauan variasi produk yang sangat luas termasuk untuk produk biofarmaka dan tanaman aromatik.
3. Sertifikasi Organik, lembaganya adalah *International Federation of Organic Agriculture Certification (IFOAM)*. Kebutuhan untuk sertifikasi organik

bagi bahan mentah dan olahan biofarmaka serta tanaman aromatik semakin meningkat di Uni Eropa. Pada bentuk lain, sertifikasi organik juga berfungsi untuk menjamin kualitas. Untuk mengetahui kebutuhan produk organik, silakan mengambil referensi regulasi Uni Eropa EEC 2092/91 dan EC 1804/1999 (lihat aturannya di [sini](#)), atau kontak IFOAM. Market CBI juga menyediakan hasil survei makanan organik yang menyediakan informasi berharga untuk sertifikasi organik.

4. Sertifikasi Kualitas Produk semacam GMP (*Good Manufacturing Practices*) dan GACP (*Good Agricultural And Collection*). Untuk hal ini silakan langsung mengunjungi situs [WHO](#) . Saat ini, total nilai pasar untuk produk organik sekitar 530 euro dan 630 euro pada harga FOB (*Free On Board*), dimana 19% diperuntukkan bagi suplemen makanan dan 14% untuk pengobatan. Uni Eropa angkanya sekitar 43%. Dari total pasar organik, 22% adalah bagian dari fitofarmaka dan tanaman aromatik.

Bagaimana Indonesia ?

Di sini, sebenarnya belum ada lembaga yang secara internasional terakreditasi melakukan sertifikasi organik terhadap produk agro, ada salah satunya BIOCERT di Bogor yang memberikan informasi tentang proses sertifikasinya. Rekomendasi kami, silakan untuk melakukan kontak ke SKAL International yang memiliki cabang di Indonesia. Kalau untuk SKAL ini, sertifikasi hasil survei oleh mereka diakui di Uni Eropa (EU), Amerika Serikat (USDA/NOP), dan Jepang (JAS). Sebenarnya, ada beberapa lembaga yang mampu melakukan pengukuran kadar organik semacam organoklorin, karbamat, organofosfat, dan kandungan nutrisi semacam Balai Penelitian Pasca Panen, dan Universitas, namun, yang menjadi masalah, apakah kredibilitas dan reputasi mereka diakui secara internasional? Itu dia masalahnya, karena walau bagaimanapun juga, sertifikasi produk ini adalah salah satu bagian dari mata rantai sistem bisnis yang masih memerlukan banyak lagi tahapan di depan untuk dilaksanakan, ya, semangat untuk para *entrepreneur* Indonesia, tugas kita masih banyak.

Sembilan puluh persen produk organik belum bersertifikat, Lembaga Sertifikasi Organik Seloliman mengingatkan masyarakat agar tidak mudah pada produsen yang mengklaim produknya organik. Sebab, faktanya, hampir 90% produk

organik yang beredar di pasaran saat ini belum memiliki sertifikat organik. Marketing Manager LeSOS, Purnomo, mengatakan, walaupun ada produsen yang klaim produknya organik, belum tentu memenuhi persyaratan yang ditetapkan pemerintah. Yang lebih parah, tidak jarang produk organik yang belum bersertifikasi tersebut merupakan produk organik palsu.

Bisa karena kemasannya ditulis organik atau bibitnya memang organik, namun pupuknya tidak organik, kata Purnomo, dengan produk organik bersertifikat, kata Purnomo, konsumen mendapatkan jaminan produk sehat dikonsumsi dengan kandungan gizi tinggi. Manfaat jangka panjang, selain konsumen mendapatkan gaya hidup sehat, kualitas kesehatan terjaga. Sayang, meskipun Departemen Pertanian mencanangkan program *Go Organik 2010*, sampai saat ini masih sulit mencari lembaga penjamin produk organik di Indonesia. Sedangkan kalau melakukan sertifikasi dari lembaga di luar negeri, biayanya cukup tinggi, kata Purnomo. Purnomo membandingkan biaya sertifikasi oleh lembaga penjamin produk organik di Indonesia dengan di luar negeri. Untuk petani secara perorangan maupun kelompok, minimal Rp 30 juta. Sedangkan lembaga dari luar negeri, bisa 3 hingga 4 kali lipat. Di Indonesia, lembaga penjamin produk organik dari luar negeri baru ada 2 yakni Nasa (Australia) dan Scall (Belanda). Sedangkan lembaga penjamin produk organik Indonesia, pada 2007 lalu, sebanyak 5 lembaga, dimana satu diantaranya, LeSOS. Jumlah lembaga penjamin produk organik Indonesia tercatat baru lima lembaga pada 2007, salah satunya adalah LeSOS (Lembaga Sertifikasi Organik Seloliman) yang berkantor pusat di Jawa Timur. Dalam operasionalnya LeSOS bekerja sama dengan Bio inspecta/Fibl, lembaga penjaminan produk organik dari Swiss, sehingga sertifikasi yang dikeluarkannya sudah diakui internasional.

LeSOS sendiri, kata Suroso Direktur LeSOS telah diverifikasi oleh Otoritas Kompeten Pangan Organik (OKPO), badan dibawah Direktur jendral Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian (Dirjen PPHP) Departemen Pertanian. Pada 26 November 2007, LeSOS dinyatakan lulus sebagai lembaga sertifikasi organik dengan ruang lingkup produk segar untuk produk tanaman pangan hortikultura, palawija, perkebunan, serta ternak maupun produk hasil ternak seperti susu, telur, daging dan madu. Saat ini LeSOS tengah melakukan sertifikasi untuk koperasi gayo Mountain yang berangotakan sekitar 2.000 petani kopi Kabupaten Bener Meriah dan Aceh Tengah, Propinsi Aceh. Produk tersebut untuk komoditi ekspor ke Amerika,

Eropa dan Jepang, Meski berbasis di desa, ungkap Suroso, sertifikat yang dikeluarkan LeSOS sudah diakui secara nasional maupun internasional. □ Saat ini kami dibantu lembaga internasional di Swiss (Bio inspecta/Fibl), perjanjian kontrak tahun 2008, sehingga sertifikat yang dikeluarkan oleh LeSOS bisa diakui secara Internasional.

Sertifikasi ini bukan hanya untuk produk fitofarmaka dan tanaman aromatik ya, tetapi berlaku juga untuk produk tekstil (kapas organik), produk farmasi (GMP), produk makanan (GMP), produk kosmetik (GMP), beras (organik), bahkan untuk kayu jati (*Fair Trade*) juga, selain itu, saat ini di Indonesia juga ada satu lembaga non pemerintah yang telah memiliki sertifikasi FSC, yaitu Telapak, berpusat di Bogor.

Standar Pertanian Organik LeSOS merefleksikan keadaan proses produksi/budidaya secara organik dan metode pengolahannya. Standar Organik ini jangan dilihat sudah segalanya atau sebagai pendapat akhir, tetapi merupakan hasil pemikiran yang memberikan kontribusi pada perkembangan pertanian organik di Indonesia. Di dalam mengembangkan pertanian organik di Indonesia, harus terlebih dahulu dimulai dengan memahami kondisi agroekosistem, khususnya tanah dan lingkungan yang mendukung pertumbuhan tanaman.

Standar Pertanian Organik LeSOS ini tidak dapat digunakan begitu saja untuk tujuan sertifikasi, tetapi lebih memberikan kerangka dasar ke seluruh Indonesia untuk menyusun program sesuai kondisi di Indonesia. Hal ini berarti harus memperhitungkan kondisi lokal/setempat. Standar LESoS menghargai inisiatif-inisiatif lokal yang tidak bertentangan terhadap prinsip-prinsip dan nilai-nilai pertanian organik.

Harus disadari bahwa sertifikasi adalah salah satu bentuk penjaminan pasar atas produk organik. Memang dalam perdagangan internasional yang umum, sertifikasi menjadi kemutlakan, tetapi masih banyak alternatif lain dalam pemasaran produk organik. Maka jika kita berorientasi ekspor dalam pertanian organik maka sertifikasi menjadi prasyarat kunci.

Di tingkat lokal, adakalanya kita tidak memerlukan sertifikasi dalam perdagangan produk organik. Sistem seperti ini mengandaikan ada interaksi langsung dan kepercayaan antara konsumen dan produsen. Dalam tingkat tertentu sistem ini dapat menjadi terbaik secara sosial dan ekologi.

Namun jika pasar produk makin meluas dan konsumen tidak dapat diorganisir secara langsung atau perdagangan melibatkan antar kota, maka sistem penjaminan besar kemungkinan diperlukan. Maka keputusan petani pertanian organik untuk mengikuti sertifikasi tergantung dari orientasi pemasarannya, selain kerangka nilai yang dianut dan konteks sosialnya. Bila orientasinya untuk subsisten tentulah penjaminan tidak mutlak dicari. Tetapi, jika orientasinya ke pasar (mainstream) nasional bahkan internasional, sertifikasi menjadi syarat penting. Kebijakan untuk memutuskan orientasi ini utamanya ada di tangan petani.

Standar LeSOS juga disusun untuk dasar bekerjanya Program Sertifikasi LeSOS. Program Sertifikasi LeSOS mengevaluasi dan mengakreditasi program sertifikasi berdasarkan Standar Dasar SNI, IFOAM dan kriteria yang dipublikasikan dalam bentuk panduan operasional. Kecuali apabila pengujian secara spesifik tidak dapat mengacu pada standar LeSOS, maka dalam pengujian ini kita kembalikan pada Standar-Standar Dasar SNI dan IFOAM.

Standar Pertanian Organik LeSOS

Standarisasi Pertanian Organik LeSOS terdiri atas lima komponen, sebagai berikut:

1. Definisi berarti kata-kata yang digunakan dalam standar dengan tujuan untuk menyamakan persepsi dan pemahaman bagi produsen/operator.
2. Prinsip dan Tujuan Pertanian dan Pengolahan Organik merupakan target produksi organik yang harus direalisasikan oleh produsen/operator dan menggunakannya sebagai panduan untuk mencapai target yang diinginkan.
3. Rekomendasi merupakan panduan untuk melaksanakan produksi organik yang menguntungkan dan direkomendasikan oleh LeSOS.
4. Standar merupakan kondisi yang harus dilaksanakan oleh produsen/operator untuk memperoleh sertifikat LeSOS.
5. Lampiran merupakan tambahan penjelasan. Lampiran terdiri atas:
 - *Lampiran 1* adalah daftar bahan input yang mendapatkan persetujuan untuk digunakan dalam produksi organik: pupuk dan pembenah tanah, produk dan cara pengendalian hama dan penyakit, pengatur tumbuh, bahan pembersih dan disinfektan, bahan aditif yang digunakan untuk pengendalian hama.

Produsen/operator hanya boleh menggunakan input atau komponen yang terdaftar dalam Lampiran 1.

- *Lampiran 2* daftar bahan aditif dan bahan tambahan pengolah yang digunakan dalam pengolahan (prosesing). Pengolah harus menggunakan bahan aditif atau bahan tambahan pengolah yang dispesifikasi dalam Lampiran 2
- *Lampiran 3* merupakan panduan untuk melakukan evaluasi input tambahan yang tidak terdaftar dalam Lampiran, dan LESoS mengizinkan untuk menggunakan bahan setelah dilakukan pengujian. Produsen/operator harus menginformasikan secara detil kepada LeSOS mengenai komponen yang digunakan sebagai input dan LeSOS akan mempertimbangkan apakah input tersebut boleh digunakan atau tidak.
- *Lampiran 4* merupakan panduan untuk mengevaluasi bahan aditif dan bahan pengolah tambahan yang tidak terdaftar dalam Lampiran 2 dan LeSOS mengizinkan untuk menggunakan bahan tersebut setelah dilakukan pengujian. Produsen harus memberikan informasi secara detil kepada LESoS senyawa atau bahan yang digunakan dan memberikan informasi mengapa bahan tersebut harus digunakan.
- *Lampiran 5* adalah prosedur untuk melakukan revisi Standar LeSOS. Prosedur ini terbuka untuk para pihak (stakeholder) dan pihak ketiga untuk memberikan komentar dan proposal perbaikan Standar LeSOS. Komentar dan proposal dikirim kepada Komisi Standar LeSOS melalui Sekretariat LeSOS.

Di samping LeSOS terdapat juga BIOCert Indonesia, PT BIOCert Indonesia (BIOCert) adalah lembaga sertifikasi sistem pangan organik (sertifikasi organik). Dalam menjalankan program sertifikasinya, BIOCert secara konsisten mengacu pada ISO 65 dan bekerja secara independen serta non diskriminasi.

BIOCert telah diverifikasi oleh Otoritas Kompeten Pertanian Organik Departemen Pertanian RI sebagai lembaga sertifikasi pangan organik yang kompeten berdasarkan Pedoman KAN 901-2006 tentang Persyaratan Umum Lembaga Sertifikasi Pangan Organik.

BIOCert memberikan layanan inspeksi dan sertifikasi organik untuk pasar nasional dan ekspor, verifikasi program *Starbucks C.A.F.E. Practices*, Verifikasi

Common Code for the Coffee Community (4C) Association dan inspeksi untuk program Sertifikasi Rainforest Alliance.

Bidang Minat Inspeksi dan Sertifikasi Organik, verifikasi Starbucks C.A.F.E. Practices dan 4C (*Common Code for the Coffee Community*) Association dan inspeksi untuk sertifikasi Rainforest Alliance.



Gamba 38. Contoh Produk Hortikultura Organik



Gambar 39. Contoh beras organik berdasarkan SNI

Sertifikasi Organik

Sertifikasi organik adalah proses untuk mendapatkan pengakuan bahwa proses budidaya pertanian organik atau proses pengolahan produk organik dilakukan berdasarkan standar dan regulasi yang ada. Apabila memenuhi prinsip dan kaidah organik, produsen dan atau pengolah (prosesor) akan mendapatkan sertifikat organik

dan berhak mencantumkan label organik pada produk yang dihasilkan dan pada bahan-bahan publikasinya.

Bagaimana Mengenali Produk Organik di Pasaran?

Terdapat pendapat bahwa untuk mengenali produk organik dengan melihat penampakan daun, buah atau batang tanaman. Bila terdapat lubang atau berulat, menandakan bahwa tanaman tersebut menggunakan hanya sedikit atau tanpa pestisida. Karena biasanya sayuran yang daunnya betul-betul mulus tanpa cela menunjukkan si petani menggunakan pestisida berlebihan. Sebaliknya, sayuran yang daunnya berlubang atau batangnya berulat menandakan petani menggunakan hanya sedikit atau tanpa pestisida. Sayuran organik seperti kacang panjang, buncis dan wortel terasa manis dan renyah, kesegarannya juga lebih tahan lama. Dan, nasi yang berasal dari beras organik beraroma wangi, empuk dan lebih awet.

Tetapi fakta di lapangan, budidaya pertanian organik dapat menghasilkan produk yang mulus, tak berlubang, tak berulat bila proses perawatan dan monitoringnya dilakukan dengan baik. Selain itu, produk organik yang dipasarkan tidak hanya produk pertanian segar, tetapi juga terdapat produk olahan dan produk segar dari ternak atau perikanan. Cara di atas hanya memberikan informasi awal untuk mengetahui keorganikan produk, tetapi bukan jaminan keorganikan produk organik.



Gambar 40. Jambu Biji Merah organik Tampilan Agak Kecil

Bagaimana Menentukan Keorganikan Produk Organik?

Keyakinan dan kepercayaan menjadi landasan konsumen memilih produk organik. Keorganikan suatu produk organik ditentukan bukan berdasarkan pada produknya, tetapi bagaimana produk tersebut diproses (*organikally produced*).

Konsumen sebaiknya tahu, bagaimana proses untuk menghasilkan produk organik yang ia konsumsi dengan berkunjung ke lahan budidaya pertanian organik, sehingga konsumen menjadi yakin dan percaya, bahwa produk tersebut benar-benar organik. Ini mengandaikan konsumen dan produsen berada pada lokasi yang tidak berjauhan.

Jika produsen memiliki orientasi pemasaran yang makin luas (pasar nasional atau ekspor), dan konsumen tidak dapat diorganisir secara langsung, maka diperlukan sertifikasi atau pelabelan produk organik untuk memberikan keyakinan dan kepercayaan kepada konsumen bahwa produk tersebut benar-benar organik. Hal ini diperlukan bila jarak konsumen dan produsen jauh, dan konsumen tidak mengetahui siapa dan bagaimana proses produksinya.

Pengujian Keorganikan Produk Organik Laboratorium

Pengujian laboratorium untuk menentukan keorganikan produk organik diperlukan bila terdapat kecurigaan terjadinya praktek yang melanggar prinsip dan kaidah pertanian organik yang dilakukan pada proses budidaya atau pada proses pengolahan produksi. Bila pun dilakukan pengujian laboratorium, contoh uji bukan hanya pada produk akhir saja, tetapi juga air, tanah yang dipergunakan dalam proses budidaya dan pengujian pada bahan-bahan yang digunakan dalam proses pengolahan produksinya. Pengujian dilakukan setiap saat pada tiap tahapan proses. Sehingga biaya pengujian laboratorium menjadi amat besar, yang tentunya memberatkan produsen-prosesor dan petani itu sendiri. Dengan menjaga keorganikan pada proses produksinya, diharapkan produk yang dihasilkan menjadi organik.

Bagaimana Memperoleh Sertifikasi Organik Biocert?

Tahapan Pengajuan Sertifikasi:

1. Produsen-operator mengajukan permohonan sertifikasi ke sekretariat BIOCert berdasarkan jenis produksi organik dan lingkup yang disetujui. BIOCert akan mengirimkan persyaratan untuk mendapatkan sertifikasi dilengkapi dengan dokumen-dokumen terkait kepada pemohon, termasuk Formulir Permohonan Sertifikasi.
2. Pemohon mengisi dan melengkapi dokumen-dokumen tersebut. Seluruh dokumen tersebut dikirim ke sekretariat BIOCert. Setelah persyaratan administrasi terpenuhi, BIOCert menugaskan inspektur untuk melakukan audit

kesesuaian dokumen terhadap standar dan regulasi terkait. Inspektur akan memberitahukan ke pemohon bila terdapat ketidaksesuaian dokumen yang diberikan terhadap standar dan regulasi terkait. Pemohon diberi waktu 14 hari kerja untuk melakukan tindakan koreksi.

3. Inspektur berkunjung ke lahan produksi. Inspektur akan menghubungi dan membuat janji dengan pemohon sebelumnya.
4. Inspektur melakukan inspeksi lahan. Setelah inspeksi, inspektur menyiapkan Laporan Inspeksi ke BIOCert.
5. BIOCert mengirimkan laporan inspeksi ke Komite Sertifikasi BIOCert untuk menentukan kesesuaian dan membuat keputusan sertifikasi.
6. BIOCert menginformasikan ke pemohon mengenai keputusan sertifikasi. Jika disetujui, operator-produsen yang disertifikasi diberikan hak untuk menggunakan tanda BIOCert. Bila masih terdapat ketidaksesuaian, pemohon diberikan kesempatan melakukan perbaikan dalam waktu 90 hari kerja.
7. Jika sertifikasi ditolak, pemohon dapat mengajukan banding ke Governing Board BIOCert untuk meninjau keputusan sertifikasi. Surat naik banding dan informasi tambahan harus diajukan ke BIOCert secara tertulis.

Berapa Lama Proses Sertifikasi Organik Biocert?

Lamanya proses sertifikasi organik BIOCert tergantung dari kesesuaian terhadap standar dan regulasi. Bila produsen-operator telah memenuhi semua kesesuaian dengan standar dan regulasi, proses sertifikasi dari kelengkapan dokumen diterima hingga keputusan sertifikasi memerlukan waktu 40 hari kerja.

Berapa Biaya Untuk Mendapatkan Sertifikasi Organik Biocert?

Biaya sertifikasi organik BIOCert ditentukan berdasarkan luas lahan dan lingkup sertifikasi karena ini terkait dengan lamanya kegiatan inspeksi dan jumlah inspektur yang digunakan untuk melakukan kegiatan inspeksi. Skema biaya sertifikasi BIOCert juga mempertimbangkan kemampuan pemohon yang dilihat dari nilai penjualan tahunan produk organiknya.

Jika telah mendapatkan sertifikat organik BIOCert, masa berlaku sertifikat BIOCert selama 1,5 tahun sejak tanggal sertifikat dikeluarkan. Dan dapat diperpanjang kembali.



Gambar 41. Produk – Produk Pupuk dan Pestisida Organik

Apakah Sertifikat Yang Dikeluarkan Biocert Dapat Ditarik Kembali?

Bila pada masa berlaku sertifikat, produsen-operator yang telah mendapatkan sertifikat dari BIOCert melakukan praktek yang melanggar prinsip-nilai pertanian organik dan standar pertanian organik, sertifikat yang telah diberikan dapat ditarik kembali. Bila masa berlaku sertifikat telah berlalu dan produsen-operator yang bersangkutan tidak melakukan perpanjangan sertifikat, maka sertifikat yang telah diberikan ditarik kembali. Apabila produsen-operator ingin mendapatkan sertifikat kembali, harus melalui proses sertifikasi dari awal.

Apakah Sertifikat Yang Dikeluarkan Biocert Diakui Secara Nasional?

Indonesia belum memiliki regulasi mengenai sertifikasi/pelabelan produk organik dan akreditasi Lembaga Sertifikasi Pertanian Organik (LSPO). Saat ini sedang tahap penyusunan. BIOCert telah mengajukan permohonan akreditasi ke Otoritas Kompeten Pertanian Organik Indonesia-Pusat Standarisasi dan Akreditasi Pertanian Deptan RI, dan saat ini sedang dalam proses akreditasi. Tetapi yang lebih penting adalah sejauh mana masyarakat dapat menerima sertifikat yang dikeluarkan oleh BIOCert. Untuk itu, BIOCert selalu melakukan kegiatan untuk lebih mengenalkan BIOCert kepada publik di Indonesia.



Gambar 42. Pupuk Cair Organik

Contoh Sertifikasi Organik Madu Hutan Pertama Di Indonesia yang Dikeluarkan oleh Biocert

Bogor, 16 Juli 2007. Petani-petani madu hutan di Taman Nasional Danau Sentarum (TNDS) Kapuas Hulu Kalimantan Barat yang bergabung dalam Asosiasi Periau Danau Sentarum (APDS) mendapatkan Sertifikat Sistem Pangan Organik untuk madu hutan dari BIOCert. Sertifikat tersebut diserahkan secara simbolik oleh Menteri Kehutanan Republik Indonesia, MS Kaban kepada perwakilan APDS pada tanggal 16 Juli 2007 bersamaan dengan Rapat Koordinasi Teknis Ditjen Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam di Safari Garden Hotel, Cisarua, Bogor.

APDS melakukan pengumpulan madu hutan secara lestari di areal seluas 7378,4 ha dalam kawasan TNDS yang memiliki luas keseluruhan 132.000 ha. Dengan menggunakan mekanisme pengawasan mutu kelompok (internal control sistem=ICS), APDS memastikan bahwa madu hutan yang dikumpulkan memenuhi persyaratan sertifikasi BIOCert, SNI 01-6729-2002 dan mutu produk madu. Pemberian sertifikat organik bagi produk madu hutan merupakan yang pertama di Indonesia dan yang kedua bagi sertifikat organik yang dimiliki kelompok tani.

Pengumpulan madu hutan secara lestari ini dilakukan dengan cara membuat tikung (dahan buatan dari pohon kayu Tembesu yang sudah mati). Tikung tersebut diletakkan dipohon-pohon sebagai sarang lebah hutan (*Apis dorsata*). Lebah akan mencari makan saat pohon-pohon di TNDS berbunga dan akan membuat sarang di tikung-tikung tersebut. Saat pemanenan, hanya kepala madu saja yang diambil, sementara anak madu dimana anak lebah berada dibiarkan sehingga populasi lebah tetap terjaga. Madu diambil dari sarangnya dengan cara diiris, ditetaskan lalu disaring. Seluruh proses dilakukan secara higienis.

Lebah hutan amat sensitif dengan kondisi lingkungan semisal kebakaran hutan dan banjir. Kedua hal ini akan mengakibatkan produksi lebah terganggu. Seperti di tahun 1997 saat terjadi kebakaran hutan di TNDS yang menyebabkan migrasinya lebah-lebah hutan ke kawasan lainnya. Begitu juga di tahun 2005 saat terjadi banjir di TNDS, yang berasal dari sungai Leboyan, sehingga menenggelamkan sarang-sarang lebah di kawasan tersebut.

Madu hutan dikumpulkan masyarakat di musim penghujan, saat pohon-pohon di kawasan TNDS berbunga. Pada waktu itu pendapatan masyarakat dari ikan rendah. Sementara di musim kemarau, mereka memperoleh pendapatan dari ikan. Tujuh Puluh persen ikan air tawar di Kalimantan Barat berasal dari kawasan Danau Sentarum.

Untuk itu, APDS mewajibkan anggotanya untuk menjaga kawasan periau (kelompok tradisional petani madu) dari pembakaran dan penebangan pohon. Selain itu, APDS juga melarang anggotanya untuk melakukan kegiatan penubaan dan penggunaan agro kimia (input-input kimia pertanian) untuk menangkap ikan dan kegiatan pertanian yang dapat mencemari danau.

Sertifikasi organik ini juga membantu meningkatkan harga madu hutan di tingkat petani. Madu hutan sebelum sertifikasi dihargai sekitar Rp.18 – 20 ribu/kg, sementara harga madu hutan organik adalah Rp.25 ribu/kg. Sedangkan ditingkat APDS sendiri, harga madu hutan sebesar Rp.28 ribu/kg. Karenanya program Madu Hutan Organik ini selain untuk mendukung peningkatan pendapatan masyarakat juga sekaligus berkontribusi bagi konservasi di kawasan TNDS dan Sungai Leboyan yang menjadi penghubung antara TNDS dan TNBK (Taman Nasional Betung Kerihun).

Program sertifikasi ini berjalan atas kerjasama Aliansi Organik Indonesia, Riak Bumi, dan Jaringan Madu Hutan Indonesia (JMHI) serta dibantu oleh Balai TNDS (dulu Balai KSDA) dan WWF Putussibau Indonesia. 16 Juli 2007, dengan disaksikan para pejabat Taman Nasional seluruh Indonesia di Cisarua, serah terima secara simbolis Sertifikat Organik dari Menteri Kehutanan, Bapak M.S. Kaban kepada salah satu pengurus APDS, Bapak Mulyadi.

Pada tanggal 04 April 2008, setelah inspeksi dan evaluasi dari Biocert, Dian Niaga akhirnya mendapatkan Sertifikasi Organik untuk unit pengolah produksinya.



Gambar 43. Sertifikat Organik Madu Hutan yang Dikeluarkan Biocert

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A. 2002. Potensi Lahan untuk Pertanian Organik Berdasarkan Peta Perwilayahan Komoditas di Indonesia. Makalah Seminar Pertanian Organik. Balitro, Balitbangtan. Jakarta.
- Agrios, G.N. 1988. **Plant Pathology**. Academic Press. New York. 703 p.
- Alexopoulos, C.J. 1972. **Introductory Micology**. 2^{od}. Ed. John Wiley and Sons. Inc. New York. 613 p.
- Allorerung, D., A. Ruhnayat dan E.Karmawati. 2002. Penelitian Pertanian Organik pada Tanaman Perkebunan. Makalah Seminar Pertanian Organik. Balitro, Balitbangtan. Jakarta.
- Anonymous. 1999. EEC Council Regulation NO. 2092/91 on Organic production of agricultural product and indications referring thereto on agricultural product and foodstuffs. . EROPA, Brussels.
- Anonymous. 2000. Leaflet. Go Organik 2010. BP2HP. Departemen Pertanian.
- Anonymous, 2000. Organic Farming. Agriculture, Food and Rural Revitalization, Saskatchewan. Canada
- Anonymous. 2001. Organic Agriculture. ACT (Agriculture Certification Thailand). Standards. Thailand. 27 p.
- Anonymous, 2002. Memasyarakatkan Pertanian organik sebagai Jembatan Menuju Pembangunan Pertanian Berkelanjutan. Prosiding Lokakarya Nasional Pertanian Organik di Malang tanggal 7 –9 Oktober 2002. Malang.
- Anonymous. 2002. Standar Nasional Indonesia. Sistem Pangan Organik. Badan Standarisasi Nasional. . SNI 01-6729-2002
- Anonymous. 2002. Organic Agriculture and Food Standard. OCPP/Pro-Cert Canada Canada. 30 p.
- Anonymous. 2003. Deskripsi Species tanaman Biopestisida. Flora kita. <http://www.proseanet.org/florakita>.
- Anonymous. 2004. Leaflet. Pengelolaan Lahan Budidaya Sayuran Organik Balai Penelitian Tanah. Bogor
- Anonymous. 2004. The World of Organik Agriculture. Statistics and emerging Trends. HelgaWilleraandMinouYussefi (Eds). <http://www.soel.de/inhalte/publicationen>
- Anonymous. 2005. NPS Biopestisida Unggulan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. Bogor. E-mail : borif@indo.net.id

- Anonymous. 2005. *Principles of Organic Agriculture*. IFOAM. <http://www.ifoam.org>.
- Anonymous. 2007. Sertifikasi Organik Madu Hutan Pertama Di Indonesia. Bogor. <http://wordpress.com/tag/biocert/>
- Anonymous. 2008. Apakah Standar Pertanian Organik LeSOS. <http://www.lesos.org/selo/standart.php>
- Anonymous. 2008. gaya hidup Organik.com
- Anonymous. 2008. Sertifikasi organic. <http://www.ifoam.org/>
- Arifin, M. 2006. Kompatibilitas *S/NPV* dengan *HaNPV* dalam Pengendalian Ulat Grayak dan Ulat Pemakan Polong Kedelai. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. Vol : 25 (1)
- Astuti, S.M.. 2005. Aplikasi Formula Bv Novel Pada Tanaman Bawang Merah. Buletin Teknik Pertanian. Vol : 10 (2).
- Baskoro Winarno. 1992. **Pengantar Praktis Pengendalian Hama Terpadu**. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang. 16 h.
- Bellows, B. 2002. Protecting Water Quality on Organic Farms. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas. ATTRA. www.attra.ncat.org.
- Borror Donald, J. dan Dwight M. belong. 1976. **An Introduction to the Study of Insects**. Fourth Edition. Holt, Rinehart and Winston. New york.
- Brady, N.C. and Weil, R.R.2004. Element of the Nature and Properties of Soils. Pearson Prentice Hall. New Jersey .
- Budianto, J. 2002. Kebijakan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Organik. Makalah Seminar Pertanian Organik. Balittro, Balitbangtan. Jakarta.
- Buley, M., P. Grosch, and S. Vaulpel. 1997. Exporting Organic Product. Marketing Handbook, GZ (German Technical Cooperation), Eschborn, Germany. EEC Council Regulation, 1999.
- Chan, G.L. 2003. Integrated Farming Sistem. www.scizerinm.org/chanarticle.html
- Coyne, M. 2002. Soil Microbiology : An Exploratory Approach. Delmar Publishers. International Thomson Publishing Company. Boston.
- Hairiah, K., Widiyanto, S.R. Utami dan B. Lusiana. 2002. WANULCAS Model Simulasi untuk Sistem Agroforestri. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF) Southeast Asian Regional Research Programme. Bogor. 171 hal.
- Hidayat Natawigena. 1990. **Pengertian Dasar Pengendalian Hama Terpadu**. Penerbit Armico. Bandung. 143 h.
- Hoesni Heroetadji. 1999. **Dasar-dasar Perlindungan Tanaman**. Jurusan hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang. 97 h.

- Kalshoven, L.G.E.I-I J.V. Sody. Dan A.C.V. Van Bommel. 1971. **De Plagen van de Cultuurgewassen in Indonesie**. Deel II W.Van Hoeve. S.Gravenhage Bandoeng 515-1065.
- Kuepper, G. 2003. Manure for Organic Crop Production. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas. ATTRA. www.attra.ncat.org.
- McCoy, Steven. 2001. Organic Vegetable. A Guide to Production. Departement of Agriculture, Western Australia. 27 p.
- Ngurah, D.S. 2004. Penyelamat Pisang Bali. Suara Pembaruan Daily, Bali.
- Purnomo. 2008. 90% produk oorganik belum bersertifikat. Dutamasyarakat.com
- Pyenson, L.L. 1951. **Element of Plant Protection**. John Wiley & Sons, Inc. New York. Chapman & Hall. Limited. London. 538 p.
- Sastrahidayat, I.R. 1990. **Ilmu Penyakit Tumbuhan**. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya. 365 h.
- Smith, K.M. 1968. **Plant Viruses**. 4 th.ed.Methuen and Co. Ltd. London.
- Stern, V.M., R.F. Smith., R. van der Bosh, dan K.S. Hagen. 1959. **The Integrated Control Concept**. Hilgardia 29 (2) : 81-101.
- Sudarmo, S. 1988. **Pestisida Tanaman**. Penerbit Kanisius. Yogyakarta. 123 p
- Suastika, L.B.K. dan A.A.N.B. Kamandalu. 2005. Penggunaan Biopestisida Persada Dan Pestisida Nabati Dalam Uji Adaptasi Pengendalian Penyakit Layu Pisang Di Provinsi Bali. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Bali. Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian. Vol : 8 (3).
- Sullivan, P. 2001. Sustainable Soil Management. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas. www.attra.ncat.org.
- Sullivan P, and Diver. S. 2001. *Overview of Cover Crops and Green Manures*. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas. www.attra.ncat.org
- Sullivan, P. 2003. Applying The Principles of Sustainable Farming. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas. ATTRA. www.attra.ncat.org.
- Sutanto, R, 2002. Pertanian organik Menuju Pertanian Alternatif dan berkelanjutan Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Sutanto. 2002 Penerapan Pertanian Organik Pemasarakatan dan Pengembangannya. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

- Syekhfani. 2001. Konsep Pertanian Terpadu, Berkelanjutan dan Akrab Lingkungan. Makalah Diklat Pertanian Angkatan I. BEM Fakultas Pertanian Unibraw.
- Triharso. 1993. **Dasar-dasar Perlindungan Tanaman**. Gajahmada University Press. Yogyakarta. 362 h.
- Untung, K. 1984. **Pengantar Analisis Pengendalian Hama Terpadu**. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta. 92 h.
- White, J.M. 1996. Organik Vegetable Production. Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida.
- Wood, Maria, L. Chavez and Don Comis. 2002. Organic Grows on America. Agricultural Research. U.S. Departement of Agriculture. 19 p.