



TEKNIK BUDIDAYA TANAMAN JILD 1

untuk SMK

Chairani Hanum



Chairani Hanum

Teknik Budidaya Tanaman JILID 1

untuk
Sekolah Menengah Kejuruan



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Chairani Hanum

TEKNIK BUDIDAYA TANAMAN

JILID 1

SMK



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

TEKNIK BUDIDAYA TANAMAN JILID 1

Untuk SMK

Penulis : Chairani Hanum

Perancang Kulit : TIM

Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

HAN HANUM, Chairani.
a Teknik Budidaya Tanaman Jilid 1 untuk SMK oleh Chairani
Hanum ---- Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah
Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan
Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
xi. 178 hlm
Daftar Pustaka : A1-A14
Glosarium : B1-B5
Indeks : C1-C6
ISBN : 978-979-060-056-0

Diterbitkan oleh

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah

Departemen Pendidikan Nasional

Tahun 2008

KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, telah melaksanakan kegiatan penulisan buku kejuruan sebagai bentuk dari kegiatan pembelian hak cipta buku teks pelajaran kejuruan bagi siswa SMK. Karena buku-buku pelajaran kejuruan sangat sulit di dapatkan di pasaran.

Buku teks pelajaran ini telah melalui proses penilaian oleh Badan Standar Nasional Pendidikan sebagai buku teks pelajaran untuk SMK dan telah dinyatakan memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para pendidik dan peserta didik SMK.

Buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Dengan ditayangkan *soft copy* ini diharapkan akan lebih memudahkan bagi masyarakat khususnya para pendidik dan peserta didik SMK di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri untuk mengakses dan memanfaatkannya sebagai sumber belajar.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para peserta didik kami ucapkan selamat belajar dan semoga dapat memanfaatkan buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, 17 Agustus 2008
Direktur Pembinaan SMK

KATA PENGANTAR

Buku Teknik Budidaya Tanaman ini disusun berdasarkan kurikulum berbasis kompetensi. Buku ini berisikan materi pokok teknik budidaya tanaman dengan metode penyajiannya sesuai dengan indikator hasil belajar pada sekolah menengah kejuruan.

Isi buku ini dibagi atas 4 (empat) bagian, yang masing-masing bagian terdiri dari beberapa bab. Bagian I terdiri dari 3 bab yaitu bab Pendahuluan, Pertumbuhan dan Perkembangan (Bab II), serta Fotosintesis dan Respirasi (Bab III). Bagian satu dari buku ini mencoba membahas awal dari kehidupan dan proses dasar metabolisme tanaman.

Sedangkan bagian dua mencoba mengulas sumber hara dan air bagi tanaman bagaimana mereka memperoleh kedua sumberdaya alam ini, mentranslokasikannya serta menggunakan untuk kelangsungan hidupnya.

Bagian tiga dari buku ini mencoba memaparkan syarat tumbuh masing-masing kelompok tanaman yaitu tanaman hortikultura, tanaman pangan dan tanaman perkebunan. Bagian ini berisi ulasan bagaimana pedoman teknis budidaya masing-masing kelompok tanaman. Walaupun tidak seluruh tanaman di muat teknik budidayanya dalam buku ini setidaknya ketiga bab ini dapat mewakili untuk menuju sistem pertanian yang berkelanjutan, dengan menghasilkan produk unggulan secara kualitas dan kuantitas.

Akhir dari buku ini mencoba teknik budidaya alternatif dengan menggunakan media tanam bukan tanah, sistem ini akan memberikan pilihan utama pada peningkatan mutu bahan pangan yang dihasilkan tanpa harus bergantung pada media tanam tanah semata. Pertanian organik yang digalakkan akhir-akhir ini merupakan solusi untuk memecahkan masalah peningkatan produksi pertanian disatu sisi dan pencemaran lingkungan disisi lainnya.

Buku ini dirancang agar peserta didik yang membacanya dapat belajar sendiri tidak harus bergantung pada tatap muka di depan kelas. Pada awal setiap bab dimuat pendahuluan untuk dapat lebih memudahkan pemahaman terhadap isi dari bab tersebut.

Ilustrasi dan gambar yang digunakan dalam buku ini juga diharapkan dapat membantu siswa mempelajari dan mempraktekkan secara baik dan benar.

Pada akhirnya keberhasilan proses belajar mengajar tidak hanya tergantung pada sarana dan prasarana yang canggih, akan tetapi dituntut untuk setiap peserta didik menekuni dan mencari tahu setiap permasalahan-permasalahan yang belum diketahui dari ilmu tersebut.

Kepada editor dan Depdiknas beserta seluruh staffnya yang telah berupaya untuk menyempurnakan dan menerbitkan buku ini sehingga terbit dan layak baca, kami mengucapkan tarimakasih. Kami juga sangat mengharapkan saran dan kritik untuk lebih menyempurnakan isi buku ini sehingga sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan.

Semoga kita mendapatkan ilmu yang bermanfaat, dan manfaat dari ilmu tersebut

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
 JILID 1	
BAB 1	PENDAHULUAN
1.1	Pengertian 1
1.2	Tindakan Budidaya Tanaman 2
1.3	Aspek dan Lingkup Teknik Budidaya Tanaman 3
1.3.1.	Aspek Budidaya Tanaman 3
1.3.2.	Lingkup Budidaya Tanaman 4
1.3.3.	Produk Budidaya Tanaman 5
1.4	Potensi Sumber Daya Alam Indonesia 7
1.5	Peningkatan Produktivitas 9
1.6	Rangkuman 10
1.7	Tugas 10
 BAB 2	 PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN
2.1	Definisi Pertumbuhan dan Perkembangan 13
2.2	Perbedaan Pertumbuhan dan Perkembangan 13
2.3	Perkecambahan Benih 16
2.3.1.	Hipogeal 16
2.3.2.	Epigeal 17
2.4	Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan 17
2.4.1.	Genetik 17
2.4.2.	Curah Hujan 17
2.4.3.	Keadaan Tanah 18
2.4.4.	Suhu 19

2.4.5.	Cahaya Matahari	19
2.4.6.	Hara (Nutrisi Tanaman) dan Air	20
2.4.7.	Hormon Tumbuhan	20
2.5	Pengukuran Pertumbuhan	22
2.6	Rangkuman	22
2.7	Evaluasi	23
BAB 3	FOTOSINTESIS DAN RESPIRASI	
3.1	Definisi Fotosintesis dan Respirasi	24
3.2	Fotosintesis Pada Tumbuhan	25
3.3	Daun dan Kloroplast	26
3.4	Lintasan Pada Fotosintesis	27
3.4.1.	Reaksi Terang	27
3.4.2.	Reaksi Gelap	29
3.5	Fotosintesis Pada Alga dan Bakteri	30
3.6	Faktor-Faktor Yang Menentukan Laju Fotosintesis	30
3.7	Penggunaan dan Penyimpanan Hasil Fotosintesis	31
3.8	Respirasi dan Faktor Yang Menentukan Laju Respirasi	31
3.9	Penemuan	33
3.10	Rangkuman	34
3.11	Soal	35
BAB 4	TRANSPOR AIR SERTA FOTOSINTETAT TANAMAN	
4.1	Pengantar	38
4.2	Mekanisme Pergerakan Air	39
4.2.1.	Difusi	40
4.2.2.	Osmosis	40
4.2.3.	Tekanan Kapiler	41
4.2.4.	Tekanan Hidrostatik	42
4.2.5.	Gravitasi	43
4.3	Mekanisme Tanaman Mengambil Air	43

4.4	Mekanisme Membuka dan Menutupnya Stomata	45
4.5	Transpor Fotosintetat Melalui Floem	47
4.6	Evaluasi	49
BAB 5	HARA TANAMAN DAN TANAH SEBAGAI PENYEDIA HARA	
5.1	Hara Tanaman	50
5.1.1.	Unsur Hara Esensial	50
5.1.2.	Keseimbangan Hara	64
5.1.3.	Analisis Kebutuhan Hara	64
5.2	Tanah Sebagai Penyedia Hara	66
5.2.1.	Proses Pembentukan Tanah	66
5.2.2.	Profil Tanah	68
5.2.3.	Tekstur dan Struktur Tanah	69
5.2.4.	Kimia Tanah	69
5.3	Bahan Organik Tanah	72
5.4	Evaluasi	73
BAB 6	PUPUK DAN PENGELOLAAN PUPUK	
6.1	Pengenalan Pupuk	75
6.1.1.	Unsur-Unsur Pupuk	75
6.1.2.	Klasifikasi Pupuk	76
6.2	Pupuk Buatan	78
6.2.1.	Sifat Umum Pupuk Buatan	78
6.2.2.	Pupuk Nitrogen	80
6.2.3.	Pupuk Posfat	86
6.2.4.	Pupuk Kalium	88
6.2.5.	Pupuk Kalsium, Magnesium Belerang dan Unsur Mikro	
6.2.6.	Pupuk Majemuk	90
6.3	Faktor Yang Mempengaruhi Macam dan Jumlah Pupuk Yang Harus Diberikan Dalam Tanah	93

6.3.1.	Jenis Macam Tanaman Yang Akan Dipupuk	94
6.3.2.	Kedadaan Kimia Tanah	95
6.3.3.	Keseimbangan Hara	95
6.4	Metoda Aplikasi Penempatan Pupuk	95
6.4.1.	Penempatan Pupuk Cairan	95
6.4.2.	Pupuk Padat	96
6.5	Inspeksi dan Pengendalian Pupuk	97
6.5.1.	Nilai Ekonomi Pupuk	97
6.5.2.	Pergerakan Pupuk Dalam Waktu	98
6.6	Penyimpanan dan Pengawasan Mutu Pupuk	101
6.6.1.	Penyimpanan Pupuk	101
6.6.2.	Pengawasan Mutu Pupuk	102
6.7	Manajemen Pupuk dan Pemupukan	103
6.7.1.	Manajemen Hara N	103
6.7.2.	Manajemen Pupuk P	104
6.7.3.	Manajemen Kalium	105
6.8	Evaluasi	105
BAB 7	SUMBER AIR BAGI PERTANIAN (IRIGASI)	
7.1	Pengertian Irigasi	106
7.2	Air Permukaan Tanah	106
7.3	Air Tanah	108
7.4	Daerah Aliran Sungai (DAS)	109
7.5	Sistem Pengambilan dan Pemberian Pengairan Bagi Lahan Pertanian	111
7.5.1.	Klasifikasi Air Pengairan	112
7.5.2.	Beberapa Cara Dalam Pengambilan Air Pengairan	115
7.5.3.	Beberapa Cara Pemberian Air Pengairan	117
7.6	Prinsip-Prinsip Dasar Dalam Pemilihan Sistem Pertanian	120
7.6.1.	Kedadaan Topografi Karakteristik Lahan Serta Tanah ..	121
7.6.2.	Derajat Peresapan Air Ke Dalam Tanah	122

7.6.3.	Ketebalan Water Table	123
7.6.4.	Kemantapan Top Soil	123
7.6.5.	Perbedaan Sistem Pertanaman	123
7.7	Sistem dan Bentuk-bentuk Jaringan Pengairan	126
7.7.1.	Prinsip-Prinsip Dasar Penataan Jaringan Pengairan ..	127
7.7.2.	Bendungan	128
7.8	Sistem Pengaliran Kelebihan Air	130
7.9	Ketepatangunaan Pengairan Untuk Mencukupi Kebutuhan Air Pada Lahan Pertanian	136

JILID 2

BAB 8 TEKNIK BUDIDAYA TANAMAN PANGAN (PADI,JAGUNG, KEDELAI)

8.1	Teknik Budidaya Padi	138
8.2	Teknik Budidaya Jagung	169
8.3	Teknik Budidaya Kedelai	185

BAB 9 TEKNIK BUDIDAYA HORTIKULTURA

9.1	Pendahuluan	193
9.2	Pembagian Hortikultura	194
9.3	Fungsi Hortikultura	194
9.4	Pengendalian Lingkungan Untuk Tanaman Hortikultura	195
9.5	Perbanyakan Tanaman Hortikultura	197
9.6	Teknik Budidaya Sayuran	209
9.6.1.	Teknik Budidaya Kentang	219
9.6.2.	Teknik Budidaya Tomat	231
9.6.3.	Teknik Budidaya Cabai	241
9.6.4.	Teknik Budidaya Paprika	250
9.6.5.	Teknik Budidaya Bawang Merah	252
9.6.6.	Teknik Budidaya Jahe	259
9.6.7.	Teknik Budidaya Seledri	273
9.6.8.	Teknik Budidaya Wortel	277

9.7	Teknik Budidaya Tanaman Buah-Buahan	281
9.7.1.	Teknik Budidaya Rambutan	285
9.7.2.	Teknik Budidaya Jeruk	299
9.7.3.	Teknik Budidaya Mangga	310
9.7.4.	Teknik Budidaya Pepaya	315
9.7.5.	Teknik Budidaya Pisang	321
9.8	Teknik Budidaya Tanaman Hias	333
9.8.1.	Teknik Budidaya Anggrek	341
9.8.2.	Teknik Budidaya Mawar	389
9.8.3.	Teknik Budidaya Anthurium	393
9.8.4.	Teknik Budidaya Adenium	395
9.8.5.	Teknik Budidaya Begonia	397
9.8.6.	Teknik Budidaya Bonsai	399
9.8.7.	Teknik Budidaya Rumput	413
JILID 3		
BAB 10	TEKNIK BUDIDAYA PERKEBUNAN	
10.1	Teknik Budidaya Tembakau	424
10.2	Teknik Budidaya Kakao	438
10.3	Teknik Budidaya Kelapa Sawit	470
10.4	Teknik Budidaya Teh	481
10.5	Teknik Budidaya Karet	488
BAB 11	TEKNIK BUDIDAYA HIDROPONIK	509
BAB 12	PERTANIAN ORGANIK	535
DAFTAR PUSTAKA		A
INDEX		B
GLOSARIUM		C

BAB I

PENGERTIAN DAN LINGKUP TEKNIK BUDIDAYA TANAMAN

1.1. Pengertian

Keperluan akan bahan pangan senantiasa menjadi permasalahan yang tidak putus-putusnya. Kekurangan pangan seolah olah sudah menjadi persoalan akrab dengan manusia. Kegiatan pertanian yang meliputi budaya bercocok tanam merupakan kebudayaan manusia paling tua.

Sejalan dengan peningkatan peradaban manusia, teknik budidaya tanaman juga berkembang menjadi berbagai sistem. Mulai dari sistem yang paling sederhana sampai

sistem yang canggih. Berbagai teknologi budidaya dikembangkan guna mencapai produktivitas yang diinginkan.

Istilah teknik budidaya tanaman diturunkan dari pengertian kata-kata teknik, budidaya, dan tanaman. Teknik memiliki arti pengetahuan atau kepandaian membuat sesuatu, sedangkan budidaya bermakna usaha yang memberikan hasil. Kata tanaman merujuk pada pengertian tumbuh-tumbuhan yang diusahakan manusia, yang biasanya telah melampaui proses domestikasi.

Teknik budidaya tanaman adalah proses menghasilkan bahan pangan

serta produk-produk agroindustri dengan memanfaatkan sumberdaya tumbuhan.

Cakupan obyek budidaya tanaman meliputi tanaman pangan, hortikultura, dan perkebunan.

Sebagaimana dapat dilihat, penggolongan ini dilakukan berdasarkan objek budidayeranya:

- Budidaya tanaman, dengan obyek tumbuhan dan diusahakan pada lahan yang diolah secara intensif.
- Kehutanan, dengan obyek tumbuhan (biasanya pohon) dan diusahakan pada lahan yang setengah liar.

Budidaya tanaman memiliki dua ciri penting yaitu:

1. Selalu melibatkan barang dalam volume besar
2. Proses produksinya memiliki risiko yang relatif tinggi.

Dua ciri khas ini muncul karena pertanian melibatkan makhluk hidup dalam satu atau beberapa tahapnya dan memerlukan ruang untuk kegiatan itu serta jangka waktu tertentu dalam proses produksi.

Beberapa bentuk pertanian modern (misalnya budidaya alga,

hidroponika telah dapat mengurangi ciri-ciri ini tetapi sebagian besar usaha pertanian dunia masih tetap demikian.

1.2. Tindak Budaya Tanaman

Kegiatan pertanian (budidaya tanaman) merupakan salah satu kegiatan yang paling awal dikenal peradaban manusia dan mengubah total bentuk kebudayaan.

Para ahli prasejarah umumnya bersepakat bahwa pertanian pertama kali berkembang sekitar 12.000 tahun yang lalu dari kebudayaan di daerah "*bulan sabit yang subur*" di Timur Tengah, yang meliputi daerah lembah Sungai Tigris dan Eufrat terus memanjang ke barat hingga daerah Suriah dan Yordania sekarang. Bukti-bukti yang pertama kali dijumpai menunjukkan adanya budidaya tanaman biji-bijian (sereal, terutama gandum, kurma dan polong-polongan pada daerah tersebut.

Pada saat itu, 2000 tahun setelah berakhirnya Zaman Es terakhir di era *Pleistosen*, di daerah ini banyak dijumpai hutan dan padang yang sangat cocok bagi mulainya pertanian.

Budidaya tanaman telah dikenal oleh masyarakat yang telah mencapai kebudayaan batu muda (*neolitikum*), *perunggu* dan *megalitikum*.

Pertanian mengubah bentuk-bentuk kepercayaan, dari pemujaan

terhadap dewa-dewa perburuan menjadi pemujaan terhadap dewa-dewa perlambang kesuburan dan ketersediaan pangan.

Teknik budidaya tanaman lalu meluas ke barat (Eropa dan Afrika Utara, pada saat itu Sahara belum sepenuhnya menjadi gurun) dan ke Timur (hingga Asia Timur dan Asia Tenggara). Bukti-bukti di Tiongkok menunjukkan adanya budidaya jiwawut (*millet*) dan padi sejak 6000 tahun sebelum Masehi.

Masyarakat Asia Tenggara telah mengenal budidaya padi sawah paling tidak pada saat 3000 tahun SM dan Jepang serta Korea sejak 1000 tahun SM. Sementara itu, masyarakat benua Amerika mengembangkan tanaman dan hewan budidaya yang sejak awal sama sekali berbeda.

Budidaya sayur-sayuran dan buah-buahan juga dikenal manusia telah lama. Masyarakat Mesir Kuno (4000 tahun SM) dan Yunani Kuno (3000 tahun SM) telah mengenal baik budidaya anggur dan zaitun.

Teknik budidaya tanaman pada zaman dahulu tidak dikelompokkan kedalam teknik budidaya, karena pada saat itu belum melakukan tindak budidaya tanaman, karena sifatnya masih mengumpulkan dan mencari bahan pangan.

Suatu kegiatan dimasukkan kedalam tindak budidaya dikatakan apabila telah melakukan 3 hal pokok yaitu;

1. Melakukan pengolahan tanah

2. Pemeliharaan untuk mencapai produksi maksimum

3. Tidak berpindah-pindah
Pada umumnya kegiatan budidaya tanaman terkait dengan tingkat pengetahuan manusia pada masa itu. Relevansi dari peradaban tersebut terwujud pada kesadaran untuk melaksanakan tindak budidaya. Tindak awal dari dimulainya teknik budidaya dimulai dengan menetapkan seorang peladang menempati suatu areal pertanaman tertentu.

Teknik budidaya yang sudah maju ditandai oleh adanya:

1. Lapang produksi
2. Pengelolaan yang berencana
3. Memiliki minat untuk mencapai produksi maksimum dengan menerapkan berbagai ilmu dan teknologi.

Tingkatan teknik budidaya tanaman berjenjang dari yang paling sederhana sampai yang maju/canggih. Nilai kegiatan budidaya tersebut tergantung pada tingkat ketiga dari teknik budidaya.

Tingkatan tindak budidaya tanaman dicerminkan juga oleh tingkatan pengelolaan lapang produksi. Pengelolaan yang paling sederhana sampai pengelolaan yang paling maju, yaitu teknik budidaya yang telah melakukan pengelolaan terhadap unsur iklim, air, tanah dan udara. Pada kelompok ini pelaku budidaya telah dapat mengestimasi produksi maksimumnya dan panen yang tepat waktu. Sebagaimana diketahui ketepatan saat panen sangat menentukan nilai jual suatu produk. Intensifikasi dalam

pengelolaan lapang produksi diikuti juga oleh meningkatnya sarana agronomi baik bahan atau jasa.

1.3. Aspek dan Lingkup Teknik Budidaya Tanaman

1.3.1. Aspek budidaya

Aspek budidaya meliputi tiga aspek pokok, yaitu:

1. Aspek pemuliaan tanaman
2. Aspek fisiologi tanaman
3. Aspek ekologi tanaman

Ketiga aspek ini merupakan suatu gugus ilmu tanaman (crop science) yang langsung berperan terhadap budidaya tanaman dan sekali gus terlihat pada produksi tanaman.

Hasil pemuliaan tanaman, berupa varietas yang memiliki berbagai sifat unggul. Akan tetapi sifat unggul ini hanya akan muncul bila teknik budidaya yang dilakukan sesuai dengan sifat yang diinginkan varietas unggul tersebut. Dengan kata lain keberhasilan dalam penggunaan varietas unggul sangat tergantung pada bagaimana pelaku budidaya telah melakukan tindak budidayanya secara benar.

Peningkatan produksi pangan tidak hanya mengandalkan penemuan-penemuan varietas-varietas baru yang mempunyai kelebihan-kelebihan tertentu, tetapi juga harus memperbaiki metoda atau teknik budidayanya serta mengusahakan cara bertanam yang benar.

Pemulia tanaman terus berupaya untuk menghasilkan berbagai

modifikasi keunggulannya guna mencapai peningkatan kebutuhan manusia.

Aspek fisiologis dalam teknik budidaya tanaman mencakup segenap kelakuan tanaman dari taraf benih sampai taraf panen.

Ekologi tanaman merupakan seluruh faktor di luar tanaman utama (baik biotik maupun abiotik) yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

1.3.2. Lingkup budidaya tanaman

Lingkup dari budidaya tanaman terdiri dari bidang ilmu:

1. Pemuliaan tanaman
2. Teknologi benih
3. Pengolahan
4. Teknik budidaya
5. Pengendalian hama, penyakit dan gulma
6. Pemanenan

Seluruh lingkup budidaya tanaman berada dalam konteks yang padu. Satu sama lain dan mempunyai hubungan timbal balik yang erat.

Kegiatan budidaya tanaman itu sendiri mengandung 3 faktor utama yaitu:

- a. Tanaman
- b. Lingkungan tumbuh atau lapang produksi dan teknik budidaya atau pengelolaan.
- c. Produk tanaman

Tanaman pertanian adalah tumbuh-tumbuhan yang dikelola manusia pada batas tingkat tertentu. Jumlah spesies yang termasuk kedalam

tanaman pertanian ini cukup banyak mencapai 20.000 spesies lebih. Meningkatnya peradaban dan kebudayaan manusia serta pemenuhan kebutuhan pangan, sandang dan papan akan menambah jumlah spesies yang termasuk ke dalam tanaman pertanian.

Tanaman mengalami dua tahap perkembangan yaitu tahap perkembangan vegetatif dan reproduktif. Tahap perkembangan vegetatif meliputi perkecambahan benih, pemunculan dan pertumbuhan bibit dan menjadi tanaman dewasa. Sedangkan tahap perkembangan reproduktif meliputi pembentukan bunga, pembentukan, pemasakan dan pematangan biji.

Lingkungan tumbuh tanaman dapat digolongkan ke dalam lingkungan abiotik berupa tanah atau medium/substrat lainnya dan iklim atau cuaca dan lingkungan biotik berupa makhluk hidup lainnya.

Tanah atau medium/substrat merupakan pemasok hara dan air yang diperlukan tanaman selain sebagai tempat hidup komponen biotik, baik yang menguntungkan maupun yang merugikan.

Iklim terdiri dari unsur/unsur seperti udara, angin, suhu, kelembaban udara, cahaya matahari, dan hujan.

Lingkungan biotik meliputi hama, penyakit dan gulma yang merugikan dan makhluk lainnya yang menguntungkan tanaman.

Lingkungan tumbuh yang baik memungkinkan produksi tanaman yang baik juga. Tanaman dengan lingkungan tumbuhnya saling berinteraksi dan mempengaruhi satu sama lain.

1.3.3. Produk budidaya tanaman

Produk tanaman dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu:

1. Produk dari teknik budidaya yang dapat digunakan langsung
2. Benih atau bibit yang merupakan produk pertanian untuk mempertahankan kelangsungan budidaya .

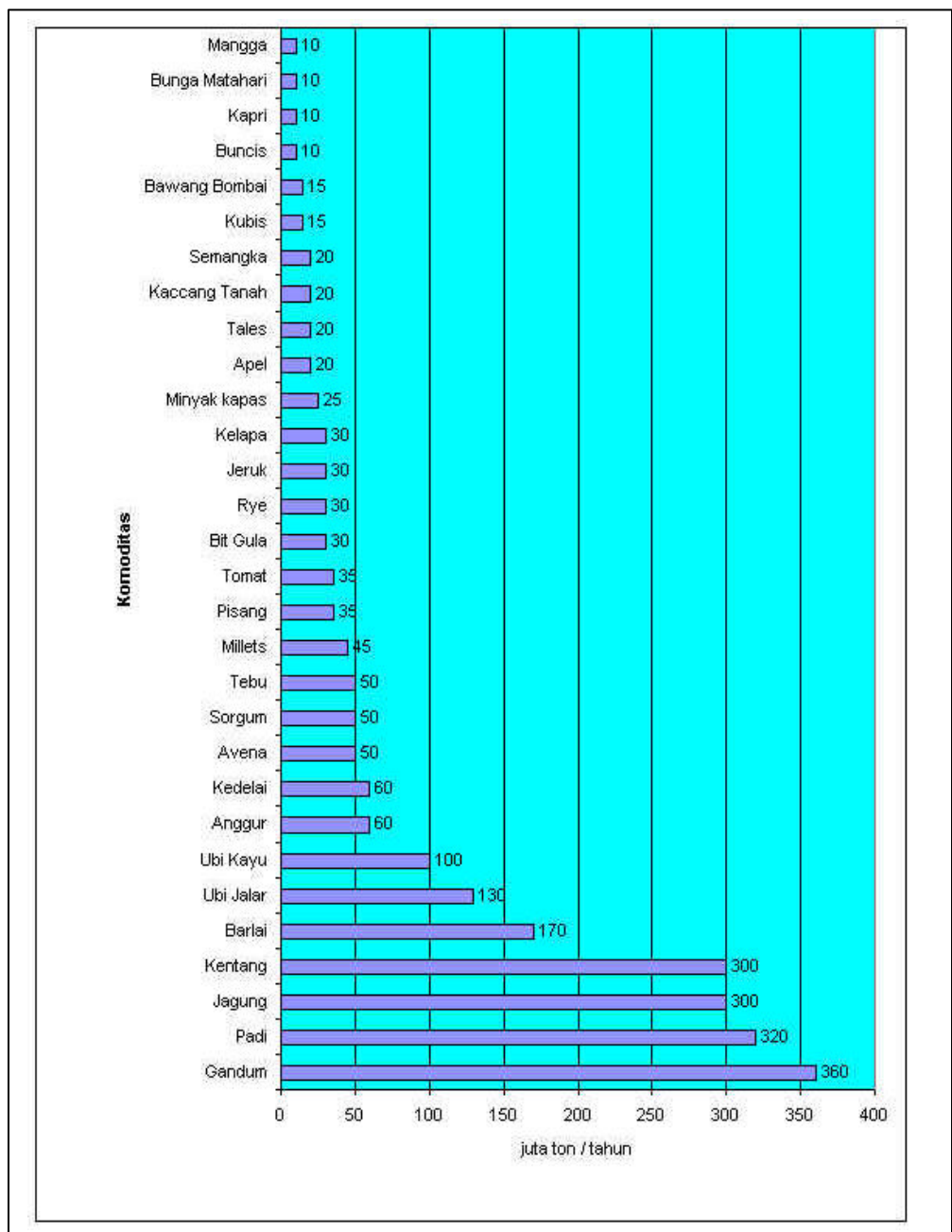
Kedua produk tanaman ini memiliki prinsip yang berbeda dalam pengelolaannya.

Pengelolaan untuk menghasilkan benih/bibit mencakup dua prinsip yaitu:

- a. Prinsip genetis, dalam prinsip ini teknik budidaya diarahkan untuk menghasilkan benih/bibit yang bermutu genetik tinggi yakni; murni genetik, jelas varietas, atau benar tipe.
- b. Prinsip agronomis, prinsip ini mengarahkan teknik budidaya untuk menghasilkan benih bermutu fisiologis dan mutu fisik yang tinggi, selain hasilnya juga tinggi.

Sebagai ilustrasi bagaimana produk tanaman pertanian di dunia sampai pada tahun 2002 dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 berikut ini dapat dilihat walaupun spesies yang dimanfaatkan manusia di dunia ini mencapai 20.000 spesies, akan tetapi produk terbesar diperoleh ada tanaman bahan pangan seperti gandum, padi, jagung dan kentang.



Gambar 1. Produksi tahunan beberapa tanaman pertanian di dunia

Peningkatan kebutuhan akan bahan pangan, sandang, dan pangan pada jenis tertentu akan menghasilkan temuan varietas baru yang unggul hanya pada jenis yang diminati saja, sedangkan pada jenis lainnya relatif lebih lambat.

Gambar 1 juga memperlihatkan peningkatan produksi yang relatif lebih cepat pada bahan makanan yang berfungsi sebagai makanan pokok dunia dibandingkan dengan jenis makanan lainnya.

Peningkatan produksi pertanian dunia sangat tergantung pada bagaimana pelaku pertanian melaksanakan teknik budidayanya.

Beberapa produk pertanian yang saat ini berhasil berkembang cukup berarti di Indonesia antara lain :

- a. Tepung, beras, ubi kayu, jagung, gandum
- b. Buah-buahan : jeruk, pisang, mangga, dll
- c. Sayur-sayuran: kubis, kentang
- d. Kacang-kacangan: kacang tanah, kedelai
- e. Ikan segar, udang, telur, susu, dairy produk
- f. Daging ayam, sapi, kerbau
- g. Makanan jadi, minuman
- h. Ternak, hasil peternakan, makanan ternak

1.4. Potensi sumber daya alam Indonesia.

Indonesia secara alamiah adalah negara pertanian dengan budaya pertanian yang kuat. Bertani, beternak, berburu ikan dilaut adalah keahlian turun-menurun yang sudah

mendarah daging. Teknologi dasar ini sudah dikuasai sejak jaman nenek moyang. Karena budaya pertanian yang telah mendarah daging maka usaha pada sektor pertanian kita sebenarnya dapat dipacu untuk berproduksi sebesar-besarnya.

Luasnya lahan, cadangan air yang melimpah, dan potensi wilayah yang tersedia mulai dari dataran rendah sampai dataran tinggi yang mendukung menjadi obsesi dalam menjadikan Indonesia sebagai pemasok hasil pertanian unggulan di kemudian hari.

Indonesia memiliki potensi sumberdaya yang tidak akan pernah habis, dan akan tetap ada sepanjang usia alam itu sendiri yakni manusia, sinar matahari, tanah, hutan, dan laut.

Manusia dengan akal dan budaya lokal daerah yang beraneka ragam akan menghasilkan beragam teknologi budidaya yang unggul spesifik lokasi. Teknik budidaya yang berbasis pada keragaman fertilitas tanah, yang berkaitan dengan jenis tanaman yang sesuai dengan kondisi setempat akan mengakibatkan keunggulan komparatif dari jumlah dan mutu pertanian yang dihasilkan.

Biodiversitas tanaman dan hewan Indonesia yang dapat dimanfaatkan juga relatif tinggi. Hal ini mengakibatkan munculnya komoditas unggulan daerah yang potensial.

Beberapa komoditas unggulan daerah misalnya:

- Aceh yang berpotensi untuk nilam dan tanaman hutan
- Banten dengan komoditas unggulan padi, palawija, sayuran dan buah-buahan
- Sumatera Utara yang terkenal dengan tanaman perkebunannya seperti kelapa sawit, karet dan tembakau deli.
- Sumatera barat dengan padi dan bengkuangnya
- Sumatera Selatan dengan buah duku
- Jawa Barat dengan padi, hortikultura, dan teh
- Madura yang memiliki keunggulan dalam penghasil jagung
- Maluku (Studi kasus pada Kabupaten Buru seluas 511.619 ha) memiliki komoditas unggulan terdiri kelapa 9.250,2 ha, kakao 6.239, 5 ha, cengkeh 4.590, 6 ha, jambu mete 1.213,4 ha, kopi 196, 6 ha, pala 456, 8 ha, dan vanili 12,0 ha, dengan rata-rata produktivitas yang diperoleh dari komoditas perkebunan adalah : kelapa 1,2 t/ha/tahun, kakao 1,0 t/ha/tahun, cengkeh 1,2 t/ha/tahun, jambu mete 0,8 t/ha/tahun, kopi 1,0 t/ha/tahun, dan pala 0,9 t/ha/tahun.

Laut Indonesia lebih kurangnya 70% belum dieksploitasi secara luas. Laut yang menyimpan kekayaan biodiversitas dan sumber gizi praktis masih belum tersentuh bahkan sebahagian besar belum terbayangkan. Disamping itu kita juga memiliki asset lain yang sangat potensial yaitu hutan tropis yang

bertindak sebagai produsen oksigen untuk kebutuhan umat manusia.

Sinar matahari sepanjang tahun menyebabkan kita tidak memerlukan rumah kaca yang mahal untuk mengembangkan sektor pertaniannya. Sinar matahari yang memungkinkan terjadinya proses fotosintesa pada tanaman memungkinkan untuk mengembangkan dan menghasilkan komoditas pertanian yang sangat besar.

Rancang bangun revitalisasi sektor pertanian saat ini berfokus pada penyiapan rancang bangun untuk peningkatan produk pertanian secara kuantitas dan kualitas.

Beberapa hal-hal yang harus dirancang secara cermat dalam rancang bangun tersebut meliputi kondisi luas lahan yang tersedia termasuk didalamnya jenisnya (sawah, lahan tadah hujan, dan lahan kering yang akan ditanami untuk tanaman pangan), jenis komoditas (hortikultura, perkebunan, obat-obatan/ dan industri) serta pelaku tindak budidaya (siapa petaninya).

Untuk meningkatkan produktivitas yang diinginkan, kebutuhan pupuk dan pestisida untuk setiap pertanaman harus dihitung dengan cermat dan dirancang cara pengadaannya dengan teliti agar pupuk/pestisida berkualitas baik sudah tersedia dengan jumlah yang dibutuhkan pada waktu yang tepat.

Pengadaan bibit/benih berkualitas baik dan diperlukan harus dirancang secara tepat. Konservasi air melalui pemanenan air hujan harus dirancang secara baik dan memadai agar tak terjadi kehilangan air yang berlebihan, dan air tersebut dapat dipakai sebagai air irigasi pada musim kemarau berikutnya.

Desain/rancang bangun sistem pertanian berkelanjutan akan diterapkan di setiap daerah dan harus disesuaikan dengan faktor biofisik daerah (*site specific*) dan disusun sedemikian rupa sehingga sistem pertanian berkelanjutan terwujud di setiap daerah.

Oleh karenanya untuk mencapai cita-cita Indonesia sebagai negara agraris yang unggul hendaknya diperhatikan hal-hal berikut:

1. Sistem pertanian yang disesuaikan dengan kondisi biofisik daerah
2. Sistem usaha agribisnis
3. Teknik budidaya
4. Perbaikan proses produksi
5. Pemasaran produksi
6. Peningkatan akses masyarakat terhadap teknologi
7. Pendanaan usahanya dan upaya peningkatan pelanggan, sehingga masyarakat mampu meningkatkan profit
8. Meningkatkan pengembangan produk dan memperbaiki kualitas

1.5. Peningkatan produktivitas

Perubahan ekonomi dan peningkatan pendapatan masyarakat tani ke arah yang lebih

baik adalah salah satu tujuan terpenting dari budidaya yang dilakukan.

Peningkatan ekonomi itu harus dapat diwujudkan, terutama melalui peningkatan produktivitas pertanian. Hal ini sangat berkaitan dengan rancangan perbaikan teknik budidaya di suatu daerah yang harus didasarkan pada faktor biofisik dan keadaan sosial, budaya, dan ekonomi setempat dengan tujuan agar produktivitas pertaniannya dapat menjamin pendapatan petani yang cukup tinggi untuk mendukung kehidupan yang layak.

Dengan demikian penetapan rancangan budidaya dan pemilihan jenis komoditas yang akan diusahakan di suatu daerah harus dilakukan bersama-sama antara pemerintah, peneliti dan masyarakat petani.

Di samping itu perlu di pertimbangkan jaminan terhadap kelestarian lingkungan hidup. Setiap budidaya tanaman yang dilakukan disamping dapat meningkatkan produktivitas, juga harus dapat menekan/ mencegah penurunan kualitas lingkungan (*environmental degradation*) sehingga kenyamanan hidup masyarakat dapat terjaga secara lestari.

Karena itu tujuan akhir dari segala upaya yang dilakukan pada setiap usaha bertanam, apapun yang dilakukan adalah untuk mendapatkan hasil yang setinggi mungkin baik dari segi kuantitas

maupun kualitas apakah itu berupa bagian generatif atau vegetatif. Pada kondisi yang kurang menguntungkan atau dalam upaya memperbaiki tingkat produktivitas suatu jenis tanaman, pengetahuan yang luas mengenai tanaman itu sendiri khususnya menyangkut proses produksi yang diperlukan untuk menghasilkan produksi optimum mutlak diperlukan.

Analisis konseptual dalam mengidentifikasi seluruh faktor-faktor pembatas produksi merupakan landasan utama dalam meningkatkan hasil pertanian.

1.6. Rangkuman

1. Teknik budidaya tanaman adalah proses menghasilkan bahan pangan serta produk-produk agroindustri dengan memanfaatkan sumberdaya tumbuhan.
2. Awal dimulainya teknik budidaya ditandai dengan menetapnya seorang peladang menempati suatu areal pertanian tertentu.
3. Budidaya tanaman memiliki dua ciri penting yakni selalu melibatkan barang dalam volume besar dan proses produksinya memiliki risiko yang relatif tinggi.
4. Suatu kegiatan dimasukkan kedalam tindak budidaya apabila telah melakukan 3 hal pokok yaitu: 1) melakukan pengolahan tanah; 2) pemeliharaan untuk mencapai produksi maksimum; dan 3) tidak berpindah-pindah

5. Aspek budidaya meliputi tiga aspek pokok, yaitu: 1) aspek pemuliaan tanaman; 2) aspek fisiologi tanaman; dan 3) aspek ekologi tanaman
6. Produk tanaman dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu: produk yang dapat digunakan langsung dan benih atau bibit yang merupakan produk pertanian untuk mempertahankan kelangsungan budidaya .
7. Peningkatan produksi pangan dilakukan melalui penemuan-penemuan varietas-varietas baru yang mempunyai kelebihan-kelebihan tertentu, perbaikan metoda atau teknik budidayanya serta mengusahakan cara bertanam yang benar.

1.7. Tugas

1. Jelaskan secara ringkas pengertian dari teknik budidaya tanaman.
2. Perkembangan teknik budidaya tanaman tidak terjadi secara seketika, akan tetapi berlangsung perlahan-lahan akan tetapi pasti. Buatlah perkembangan pertanian ini secara skematis (dimulai dari saat penggunaan teknologi sederhana sampai modern) sehingga jelas tergambar bagaimana perkembangannya.
3. Menurut kamu adakah hubungan antara peningkatan kebudayaan dengan peningkatan teknik budidaya tanaman

4. Amati daerah sekitarmu (jikalau ada pergilah ke kawasan pertanian) amati bagaimana teknik budidaya yang telah dilakukan, apakah teknik yang dipergunakan sudah mencukupi syarat untuk mencapai hasil yang optimal
5. Buatlah tabel yang berisikan teknik budidaya yang digunakan pada padi sawah, jagung, mentimun, kedelai, sawi dan kelapa sawit.

No	Jenis	Teknik budidaya
1	Padi sawah	
2		
3		
4		
5		
6		

6. Apa perbedaan mendasar sistem budidaya pertanian yang dilakukan pada lahan kering dan lahan sawah.
7. Apakah kita dapat menanam setiap jenis tanaman pada lokasi tertentu
8. Apa yang terjadi apabila kita menggunakan pupuk dan pestisida secara berlebihan
9. Dalam era otonomi daerah, maka setiap kabupaten kota telah membuat road map

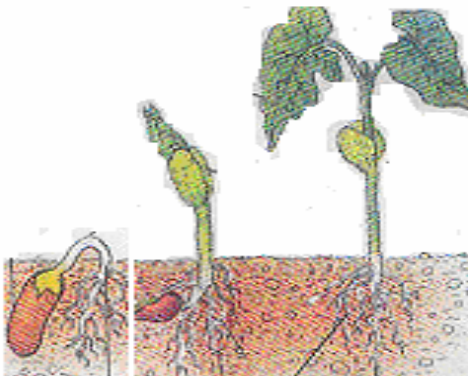
10. komoditas unggulan, ambillah salah satu sampel daerah kabupaten atau kota yang ada di daerahmu dan tanyakan komoditas unggulan apa yang menjadi pilihan, dan potensi produksinya pada tahun mendatang.
11. Carilah informasi mengenai keanekaragaman tanaman asli yang ada di Indonesia

BAB II

PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN

2.1. Definisi Pertumbuhan dan Perkembangan

Pertumbuhan tanaman dapat didefinisikan sebagai peristiwa perubahan biologis yang terjadi pada makhluk hidup berupa perubahan ukuran yang bersifat *irreversible* (tidak berubah kembali ke asal atau tidak dapat balik).



Perkembangan adalah proses menuju pencapaian kedewasaan atau tingkat yang lebih sempurna pada makhluk hidup.

2.2. Perbedaan pertumbuhan dan perkembangan

Pertumbuhan pada makhluk hidup bersel banyak (*multiseluler*) ditandai dengan pertambahan ukuran sel (sel bertambah besar dan panjang) dan pertambahan jumlah sel.

Sedangkan pertumbuhan pada makhluk ber sel satu (*uniseluler*) ditandai dengan penambahan ukuran sel.

Adanya proses pertumbuhan ini dapat diukur dan dinyatakan secara kuantitatif.

Secara empiris pertumbuhan tanaman dapat dinyatakan sebagai suatu fungsi dari

genotipe X lingkungan = F (faktor pertumbuhan) internal X faktor pertumbuhan eksternal.

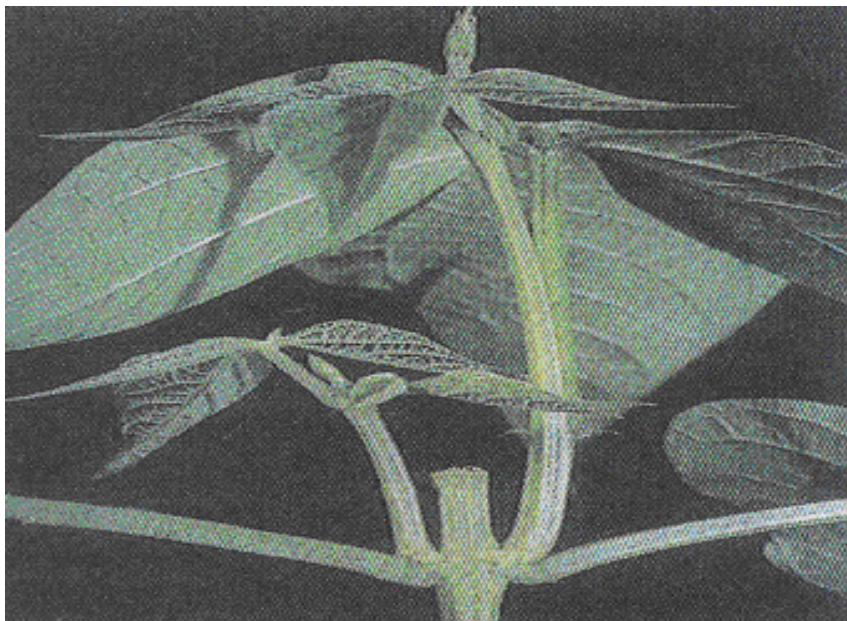
Tanaman yang bertambah panjang di tempat gelap belum dapat dikatakan tumbuh walaupun volumenya bertambah, karena bobot kering sebenarnya menurun akibat respirasi yang terus berlangsung, sedangkan fotosintesa tidak terjadi.

Dalam keadaan normal pertumbuhan bukan saja pertambahan volume tetapi juga diikuti oleh pertambahan bobot kering.

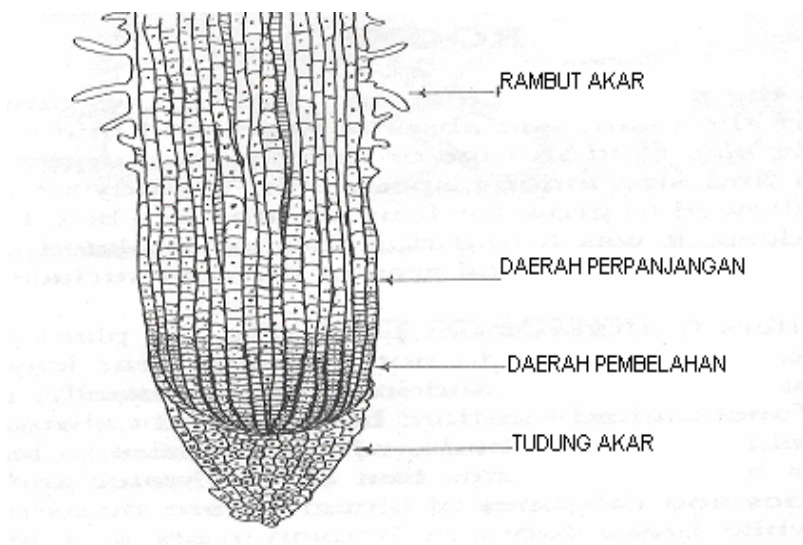
Proses pertumbuhan tanaman terdiri dari pembelahan sel, lalu diikuti oleh pembesaran sel dan terakhir adalah diferensiasi sel.

Pertumbuhan hanya terjadi pada lokasi tertentu saja, yaitu pada jaringan meristem.

Jaringan meristem adalah jaringan yang sel-selnya aktif membelah.



Gambar 3 Susunan sel titik tumbuh pada ujung akar



Gambar 2. Titik tumbuh pada ujung batang kedelai

Mitosis terjadi pada daerah meristem dan untuk pembelahan ini Yang paling aktif dalam pembelahan sel ini adalah jaringan meristem ujung akar dan batang.

Aktivitas meristem kedua bagian ini menyebabkan terjadinya pertumbuhan ke bawah dan ke atas yang disebut juga pertumbuhan primer.

Sedangkan pertumbuhan ke samping yang dimotori oleh pembelahan sel-sel pada kambium disebut pertumbuhan sekunder.

Proses pertumbuhan ini terjadi karena adanya pembelahan mitosis, yaitu pembelahan sel-sel tubuh. diperlukan karbohidrat dan protein dalam jumlah yang relatif besar.

Pembelahan itu sendiri ada dua jenis yaitu meiosis dan mitosis. Kalau mitosis pembelahan dari sel tubuh sedangkan meiosis pembelahan sel kelamin.

Untuk kegiatan mitosis ini maka pengangkutan air, karbohidrat, protein dan zat-zat lain ke daerah meristem berjalan lancar.

Setelah pembelahan sel, akan terjadi pembesaran sel. Seperti pada pembelahan sel, pembesaran sel juga terjadi pada jaringan meristem.

Urutan terakhir dari proses pertumbuhan tanaman disebut diferensiasi. Pertumbuhan merupakan salah satu ciri makhluk hidup.

Tumbuhan tumbuh dari kecil menjadi besar dan berkembang dari satu zigot menjadi embrio kemudian menjadi satu individu yang mempunyai akar, batang, dan daun.

Pertumbuhan merupakan hasil interaksi antara faktor dalam dan luar. Pertumbuhan merupakan proses yang irreversibel artinya tidak dapat balik

Perubahan dari kecil menjadi dewasa pada kedelai misalnya merupakan akibat dari proses pertumbuhan dan perkembangan. Berbeda dengan pertumbuhan, proses perkembangan ini tidak dapat diukur sehingga tidak dapat dinyatakan secara kuantitatif.



Gambar 4. Susunan sel titik tumbuh batang

Perkembangan pada tumbuhan merupakan suatu proses menuju tercapainya kedewasaan pada tumbuhan tersebut. Tumbuhan

dikatakan dewasa jika tumbuhan tersebut sudah membentuk bunga.

Pertumbuhan dan perkembangan merupakan gejala-gejala yang saling berhubungan.

Pertumbuhan sebagaimana telah didefinisikan sebagai pertambahan ukuran (biasanya dalam bobot kering) yang tidak dapat balik (irreversibel). Sedangkan perkembangan mencakup proses diferensiasi, dan ditunjukkan oleh perubahan-perubahan yang lebih tinggi, menyangkut spesialisasi secara anatomi dan fisiologi.

Diferensiasi merupakan salah satu proses penting dalam budidaya tanaman. Akan tetapi perubahan dari sel sederhana ke organisme ber sel banyak yang kompleks, belum dapat dipahami secara sempurna.

Mekanisme diferensiasi tanaman menjadi sel yang kompleks tidaklah jelas. Akan tetapi faktor-faktor penting yang mempengaruhi diferensiasi jaringan sudah banyak diteliti. Sebagai hasil dari penelitian tersebut dikatakan beberapa faktor seperti hara dan hormon tumbuh merupakan faktor yang memegang peranan penting dalam diferensiasi tanaman.

Pertumbuhan yang terjadi pada tumbuhan dibagi menjadi dua macam yaitu *pertumbuhan primer* dan *pertumbuhan sekunder*. Pertumbuhan primer adalah pertumbuhan ukuran panjang pada bagian batang tumbuhan karena adanya aktivitas jaringan meristem primer. Sedangkan pertumbuhan

sel sekunder adalah pertambahan besar dari organ tumbuhan karena adanya aktivitas jaringan meristem sekunder yaitu kambium pada kulit batang, kambium batang, dan akar.

Berdasarkan aktivitasnya, daerah pertumbuhan pada ujung akar dan ujung batang dibedakan menjadi tiga daerah pertumbuhan yaitu:

- daerah pembelahan sel
- daerah perpanjangan sel
- daerah diferensiasi sel

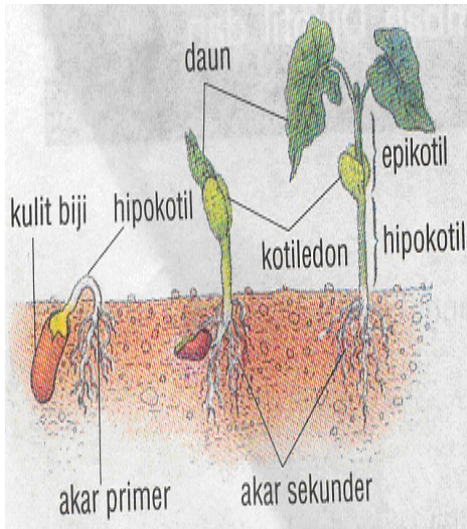
2.3 Perkecambahan Benih

Perkecambahan merupakan proses pertumbuhan dan perkembangan embrio. Hasil perkecambahan ini adalah munculnya tumbuhan kecil dari dalam biji.

Proses pertumbuhan embrio saat perkecambahan benih adalah plumula tumbuh dan berkembang menjadi pucuk dan radikula tumbuh dan berkembang menjadi akar. Berdasarkan letak kotiledon pada saat perkecambahan dikenal dua tipe perkecambahan yaitu *hipogeal* dan *epigeal*.

2.3.1. Hipogeal

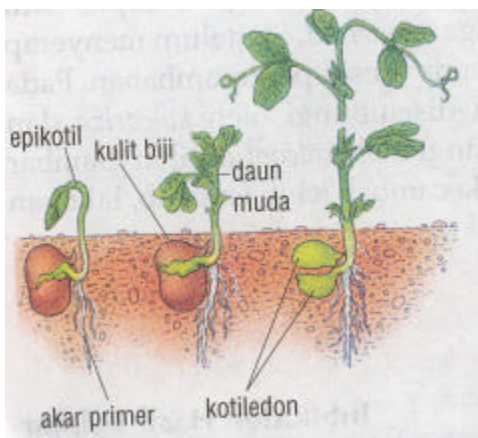
Pada perkecambahan ini terjadi pertumbuhan memanjang dari epikotil yang menyebabkan plumula keluar menembus kulit biji dan muncul diatas tanah kotiledon tetap berada di dalam tanah, contohnya kecabah jagung.



Gambar 5 Perkecambahan hipogaeal

2.3.2. Epigeal

Pada perkecambahan ini hipokotil tumbuh memanjang akibatnya kotiledon dan plumula terdorong ke permukaan tanah, sehingga kotiledon berada diatas tanah, contoh pada kacang hijau.



Gambar 6 Perkecambahan epigaeal

2.4. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan

Pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan tanaman dapat dibagi atas dua faktor yaitu lingkungan dan genetik.

Lingkungan tumbuh tanaman sendiri dapat dikelompokkan atas lingkungan biotik (tumbuhan lain, hama, penyakit dan manusia), dan abiotik (tanah dan iklim)

Penjelasan dari faktor-faktor tersebut dapat diringkas sebagai berikut:

2.4.1. Genetik

Gen adalah faktor pembawa sifat menurun yang terdapat di dalam makhluk hidup. Gen berpengaruh setiap struktur makhluk hidup dan juga perkembangannya,

Walaupun gen bukan satu-satunya faktor yang mempengaruhinya.

Setiap jenis (spesies) memiliki gen untuk sifat tertentu.

2.4.2. Curah hujan

Curah hujan dapat dinyatakan dalam:

- 1) *mm per tahun* yang menyatakan tingginya air hujan yang jatuh tiap tahun.
- 2) *banyaknya hari hujan per tahunnya* yang menyatakan distribusi atau meratanya hujan dalam setahun.

Besarnya curah hujan mempengaruhi kadar air tanah, aerasi tanah, kelembaban udara dan secara tidak langsung juga menentukan jenis tanah sebagai tempat media tumbuh tanaman.

Oleh karenanya curah hujan sangat besar pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman.

Tinggi dari permukaan laut.

Ketinggian tempat menentukan suhu udara, intensitas cahaya matahari dan mempengaruhi curah hujan, yang pada gilirannya mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

Perbedaan ketinggian tempat dari permukaan laut menyebabkan perbedaan suhu lingkungan. Setiap kenaikan 100m dari permukaan laut, suhu akan turun sekitar $0,5^{\circ}\text{C}$.

Kondisi ini tentunya akan mempengaruhi jenis tumbuhan yang hidup pada ketinggian tertentu. Misalnya kita menemukan banyak tanaman kelapa (*Cocos nuciferae*) pada daerah pantai, kemudian enau (*Arenga pinata*) hidup di pegunungan basah, rotan pada daerah hutan hujan tropis, dan banyak contoh lainnya.

Dari uraian tersebut diatas dapat diketahui masing-masing tempat hidup organisme (habitat) mempunyai persyaratan khusus,

2.4.3. Keadaan Tanah

Tanah merupakan komponen hidup dari lingkungan yang penting dalam mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tanahlah yang menentukan penampilan tanaman.

Kondisi kesuburan tanah yang relatif rendah akan mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan tanaman dan akhirnya akan mempengaruhi hasil.

Pengaruh keadaan tanah dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

- 1) Keadaan fisik tanah, yang ditentukan oleh struktur dan tekstur tanah, karenanya pengaruhnya terhadap aerasi dan drainase tanah
- 2) Keadaan kimia tanah yang ditentukan oleh kandungan zat hara di dalam tanah.
- 3) Keadaan biologi tanah yang ditentukan oleh kandungan mikro/makro flora dan fauna tanah yang bertindak sebagai resiklus hara dalam tanah (dekomposisi).

Data kesuburan kimia, fisika dan biologi suatu lahan merupakan data awal yang harus diketahui sebelum melakukan budidaya tanaman.

Pengelolaan lingkungan menimbulkan beberapa persoalan pada erosi tanah, pergantian iklim, pola drainase dan pergantian dalam komponen biotik pada ekosistem.

Pada tahun 1977 *State of World Environment Report (UNEP)*, memperingatkan bahwa, tanah yang dapat ditanami terbatas, hanya $\pm 11\%$ permukaan bumi dapat diusahakan untuk pertanian. Secara total 1.240 juta ha untuk populasi 4.000 juta (rata-rata 0,31 ha/orang). Area ini pada tahun 2.000 akan tereduksi sampai hanya tinggal 940 juta ha dengan populasi penduduk dunia 6.250 juta. Sehingga perbandingan lahan/orang tinggal 0,15 ha saja. Ini merupakan suatu peringatan dan memerlukan perhatian segera.

Pengaruh zat hara pada pertumbuhan tanaman digambarkan oleh Liebig dengan hukum minimumnya yang berbunyi "pertumbuhan atau hasil optimum ditentukan oleh faktor atau hara yang berada pada keadaan minimum."

Dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman terdapat 3 fungsi tanah yang utama yaitu:

1. Memberikan unsur-unsur mineral, melayaninya baik sebagai medium pertukaran maupun sebagai tempat persediaan.

2. Memberikan air dan sebagai tempat cadangan air dimuka bumi
3. Sebagai tempat berpegang dan bertumpu untuk tegak.

2.4.4. Suhu

Suhu udara mempengaruhi kecepatan pertumbuhan maupun sifat dan struktur tanaman. Tumbuhan dapat tumbuh dengan baik pada suhu optimum. Untuk tumbuhan daerah tropis suhu optimumnya berkisar 22-37°C.

Suhu optimum berkisar antara 25-30°C dan suhu maksimum 35-40°C.

Tetapi suhu kardinal (minimum, optimum, dan maksimum) ini sangat dipengaruhi oleh jenis dan fase pertumbuhan tanaman.

2.4.5. Cahaya matahari

Cahaya matahari (radiasi surya) mempengaruhi pertumbuhan tanaman melalui tiga sifat yaitu intensitas cahaya, kualitas cahaya (panjang gelombang) dan lamanya penyinaran (panjang hari). Pengaruh ketiga sifat cahaya tersebut terhadap pertumbuhan tanaman adalah melalui pembentukan klorofil, pembukaan stomata, pembentukan *antocyanin* (pigmen merah) perubahan suhu daun atau batang, penyerapan hara, permeabilitas dinding sel, transpirasi dan gerakan protoplasma.

2.4.6. Hara (nutrisi tanaman) dan air

Hara dan air memegang peranan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Salah satu fungsi dari kedua bahan ini adalah sebagai bahan pembangun tubuh makhluk hidup.

Pertumbuhan yang terjadi pada tanaman (sampai batas tertentu) disebabkan oleh tanaman mendapatkan hara dan air.

Bahan baku pada proses fotosintesa adalah hara dan air yang nantinya akan diubah tanaman menjadi makanan.

Tanpa kedua bahan ini pertumbuhan tidak akan berlangsung. Hara dan air umumnya diambil tanaman dari dalam tanah dalam bentuk ion.

Unsur hara yang dibutuhkan tanaman dapat dibagi atas dua kelompok yaitu *hara makro* dan *mikro*.

Hara makro adalah hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar sedangkan hara mikro dibutuhkan dalam jumlah kecil. Nutrien yang tergolong kedalam hara makro adalah Carbon, Hidrogen, Oksigen, Nitrogen, Sulfur, Posfor, Kalium, Calsium, Ferrum. Sedangkan yang termasuk golongan hara mikro adalah Boron, Mangan, Molibdenum, Zinkum (seng) Cuprum (tembaga) dan Klor.

Jika tanaman kekurangan dari salah satu unsur tersebut diatas maka tanaman akan mengalami gejala

defisiensi yang berakibat pada penghambatan pertumbuhan.

2.4.7. Hormon tumbuhan

Hormon (zat tumbuh) adalah suatu senyawa organik yang dibuat pada suatu bagian tanaman dan kemudian diangkut ke bagian lain, yang konsentrasinya rendah dan menyebabkan suatu dampak fisiologis. Diferensiasi tanaman juga diatur oleh hormon (yaitu fithormon). Saat ini dikenal hormon tumbuh seperti auksin, giberelin, sitokinin, asam absisi, etilen, asam traumalin, dan kalin.

Auksin

Merupakan zat tumbuh yang pertama ditemukan. Pengaruh auksin terutama pada perpanjangan atau pembesaran sel. Sifat dasar auksin yang mempengaruhi perpanjangan sel ini sering digunakan sebagai pengukur kecepatan pertumbuhan tanaman.

Beberapa respons pertumbuhan dapat ditunjukkan dan dikendalikan oleh auksin. *Fototropisme* yang merupakan peristiwa pembengkokan ke arah cahaya dari kecambah yang sedang tumbuh, dapat didasarkan oleh penyebaran auksin pada bagaian tersebut yang tidak merata.

Pengaruh auksin pada perpanjangan sel tanaman dapat digambarkan dari hasil-hasil percobaan sebagai berikut.

Bila ujung batang tanaman *Avena sativa* dipotong, maka pertumbuhan

kaleoptil terhambat, akan tetapi bila ujung batang ini ditempelkan kembali pertumbuhan akan terjadi lagi.

Apabila potongan ujung batang *Avena sativa* tadi ditaruhkan pada sepotong agar kemudian pada bagian bawahnya diletakkan potongan lainnya maka pertumbuhan kaleoptil akan terjadi juga.

Auksin dibuat di ujung batang dan merangsang pertumbuhan kaleoptil. Auksin merupakan istilah umum dari IAA yang mempengaruhi pertumbuhan batang ke atas dan ke bawah, hormon ini dapat merangsang ataupun menghambat pertumbuhan tanaman tergantung pada konsentrasinya.

Selain itu, konsentrasi auksin yang sama dapat memberikan efek berlainan pada pertumbuhan batang, pucuk, dan akar. Seperti fototropisme (pertumbuhan ke arah cahaya), geotropisme (pertumbuhan ke arah bumi).

Auksin dibentuk dalam ujung kaleoptil bergerak ke bawah (basipetal).

Auksin berfungsi untuk:

- merangsang perpanjangan sel
- merangsang pembentukan bunga dan buah
- memperpanjang titik tumbuh.

Senyawa auksin bila terkena matahari akan berubah menjadi senyawa yang justru akan menghambat pertumbuhan. hal inilah yang menyebabkan batang membelok ke arah datangnya sinar bila diletakkan mendatar, karena bagian yang tidak terkena sinar pertumbuhannya lebih cepat dari bagian yang terkena sinar.

Giberelin

Mula-mula zat ini ditemukan pada *Giberella fujikuroi*, yaitu jenis jamur parasit pada tanaman padi. Hormon ini ditemukan pertama sekali di Jepang.

Bila auksin hanya merangsang pembesaran sel, maka giberelin merangsang pembelahan sel. Terutama untuk merangsang pertumbuhan primer.

Bedanya dengan auksin adalah bahwa giberelin mempengaruhi perkecambahan dan mengakhiri masa dorman biji, sedangkan auksin tidak

Giberelin dapat bergerak ke dua arah sedangkan auksin hanya ke satu arah.

Giberelin berfungsi untuk:

- menggiatkan pembelahan sel
- mempengaruhi pertumbuhan tunas
- mempengaruhi pertumbuhan akar

Kinin atau sitokinin

Hormon ini seperti halnya auksin maka sitokinin juga memberikan

efek yang bermacam-macam terhadap tanaman.

Zat ini mempercepat pembelahan sel, membantu pertumbuhan tunas dan akar. Sitokinin dapat menghambat proses proses penuaan (*senescence*). Salah satu macam sitokinin adalah *kinetin* yang terdapat dalam air kelapa muda dan dalam ragi.

Lingkungan biotik yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman diantaranya adalah organisme pengganggu tanaman dan *allelapati* (zat kimia yang dihasilkan tumbuhan dan mengganggu tumbuhan lainnya).

2.5. Pengukuran pertumbuhan

Pertumbuhan tanaman dapat diukur dengan berbagai cara antara lain:

1. Pertumbuhan panjang ranting
2. Pertambahan luas daun Daun berasal dari promeristem titik tumbuh batang. premordia daun merupakan tonjolan pertama yang membulat atau persegi pada sisi promeristem. Tonjolan tersebut diawali oleh pembelahan secara antiklinal dan periklinal pada lapisan luar dari apikal meristem. Helai daun berkembang menurut pola tertentu.
3. Pertambahan diameter dahan atau batang
4. Pertambahan volume terutama pada buah

5. Pertambahan bobot segar dan kering

2.6. Rangkuman

1. Pertumbuhan tanaman didefinisikan sebagai peristiwa perubahan biologis yang terjadi pada makhluk hidup berupa perubahan ukuran yang bersifat *irreversible* (tidak berubah kembali ke asal atau tidak dapat balik), sedangkan *perkembangan* adalah proses pencapaian kedewasaan atau tingkat yang lebih sempurna pada makhluk hidup.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman dapat dibagi atas dua yaitu lingkungan dan genetik.
3. Produksi suatu tanaman ditentukan oleh kegiatan yang berlangsung dalam sel dan jaringan tanaman. Penumpukan bahan kering adalah penumpukan fotosintat pada sel dan jaringan.
4. Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan dibagi atas 2 kelompok, yaitu lingkungan biotik dan abiotik. Lingkungan abiotik terdiri dari curah hujan, tinggi dari permukaan laut, suhu, cahaya matahari, hara tanaman, dan hormon tumbuhan.

2.7. Evaluasi

1. Buatlah definisi pertumbuhan dan perkembangan
2. Melakukan percobaan di luar kelas
 - Siapkanlah 9 buah polibek dengan ukuran $\frac{1}{2}$ kg tanah
 - Kemudian isikan ke dalam polibek tersebut tanah yang telah dibersihkan terlebih dahulu dari sampah dan ranting-ranting kayu sebanyak $\frac{2}{3}$ volume polibek
 - basahi tanah tersebut sampai keadaan lembab (jika dikepal terasa basah tapi tanah tidak menggumpal jika kepalan dibuka)
 - Tanamlah masing-masing polibek dengan jagung.
 - Kemudian letakkan 3 polibek pada daerah terbuka atau terkena sinar matahari langsung (kelompok A), 3 polibek pada ruangan tertutup (kelompok B), dan sisanya 3 polibek lagi di tempatkan pada ruang terbuka tapi tidak pernah dilakukan penyiraman (hanya pada awal penanaman saja) (Kelompok C).
 - Amati pertambahan tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang dan perubahan morfologinya seperti warna dan ketebalan daun
 - Buatlah laporan hasil pengamatan mu, dan jawablah

pertanyaan berikut berdasarkan hasil pengamatan di lapangan,

- b. Berdasarkan pengamatan di lapangan tanaman dari kelompok mana yang memiliki tinggi tanaman terbesar
- c. Adakah perbedaan warna daun dari ketiga percobaan ini, dan apa yang menyebabkan perbedaan tinggi, jumlah daun dan diameter batang dari ketiga percobaan tersebut?

BAB III FOTOSINTESIS DAN RESPIRASI

3.1. Defenisi fotosintesis dan respirasi

Fotosintesis adalah suatu proses biokimia yang dilakukan tumbuhan, alga, dan beberapa jenis bakteri untuk memproduksi energi terpakai (*nutrisi*) dengan memanfaatkan energi cahaya.

Hampir semua makhluk hidup bergantung dari energi yang dihasilkan dalam fotosintesis. Akibatnya fotosintesis menjadi sangat penting bagi kehidupan di bumi.

Fosintesis berasal dari kata **foton** artinya **cahaya**, dan **sintesis** yang berarti penyusunan.

Berdasarkan arti dari dua kata tersebut diatas maka fotosintesis adalah peristiwa penyusunan zat organik (gula) dari zat anorganik (air, karbondioksida), dengan pertolongan energi cahaya.

Karena bahan baku yang digunakan adalah zat carbon maka fotosintesis dapat disebut juga **asimilasi zat karbon**.

Fotosintesis berperan dalam menghasilkan sebagian besar oksigen yang terdapat di atmosfer bumi.

Organisme yang menghasilkan energi melalui fotosintesis (*photos*

berarti cahaya) disebut sebagai fototrof.

Fotosintesis merupakan salah satu cara asimilasi karbon karena dalam fotosintesis karbon bebas dari CO_2 diikat (difiksasi) menjadi gula sebagai molekul penyimpan energi. Bahan baku untuk proses fotosintesis adalah karbondioksida dan air. karbondioksida diambil tanaman melalui mulut daun (stomata), sedangkan air diambil tanaman dari dalam tanah melalui akar tanaman

Cara lain yang ditempuh organisme untuk mengasimilasi karbon adalah melalui kemosintesis, yang dilakukan oleh sejumlah bakteri belerang.

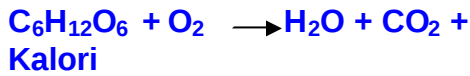
Relevansi dari fotosintesis pada tanaman adalah pertumbuhan perkembangan, penyimpanan dan alokasi asimilat.

Perubahan pada proses ini akan merubah laju fotosintesis itu sendiri dan berakibat juga pada seluruh proses fisiologi tanaman. Misalnya cahaya mempengaruhi fotosintesis dan juga memberikan efek fotomorfogenetik pada tanaman.

Respirasi secara sederhana merupakan proses perombakan senyawa organik menjadi senyawa anorganik dan menghasilkan energi. Respirasi dibagi atas dua yaitu respirasi aerob dan anaerob.

Respirasi aerob adalah suatu proses metabolisme tanaman dengan menggunakan oksigen. Reaksi

proses ini dapat dituliskan melalui persamaan reaksi sebagai berikut:



Respirasi anaerobik adalah reaksi pemecahan karbohidrat untuk mendapatkan energi tanpa menggunakan oksigen.

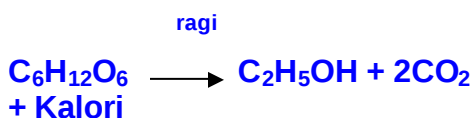
Proses respirasi ini mengambil dan menggunakan senyawa asam fenol piruvat atau asetaldehid misalnya sebagai pengikat hidrogen dan membentuk asam laktat atau alkohol.

Respirasi anaerobik dapat terjadi pada:

1. Jaringan yang kekurangan oksigen misalnya akar tanaman yang terendam air
2. Biji yang berkulit tebal dan sulit untuk ditembus oksigen

Pada respirasi anaerob ini bahan baku (gula) tidak terurai lengkap menjadi air dan karbondioksida, maka energi yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan respirasi aerobik.

Secara sederhana reaksi pada respirasi anaerobik adalah sebagai berikut:



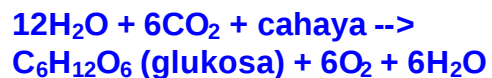
3.2. Fotosintesis pada tumbuhan

Pada dasarnya proses fotosintesis merupakan kebalikan dari proses respirasi. Proses respirasi bertujuan memecah gula menjadi karbon dioksida, air, dan energi.

Sebaliknya proses fotosintesis mereaksikan (menggabungkan) karbondioksida dan air menjadi gula dengan menggunakan energi cahaya terutama cahaya matahari.

Tumbuhan bersifat autotrof, yang artinya dapat mensintesis makanan langsung dari senyawa anorganik. Tumbuhan menggunakan karbon dioksida dan air untuk menghasilkan gula dan oksigen yang diperlukan sebagai makanannya.

Energi untuk menjalankan proses ini berasal dari fotosintesis. Perhatikan persamaan reaksi yang menghasilkan glukosa berikut ini:



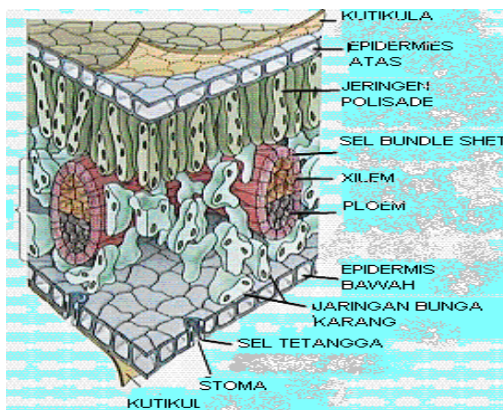
Glukosa dapat digunakan untuk membentuk senyawa organik lain seperti selulosa dan dapat pula digunakan sebagai bahan bakar. Proses ini berlangsung melalui respirasi seluler yang terjadi baik pada hewan maupun tumbuhan. Secara umum reaksi yang terjadi pada respirasi seluler berkebalikan dengan persamaan di atas.

Pada respirasi, gula (glukosa) dan senyawa lain akan bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan karbon dioksida, air, dan energi kimia.

Tumbuhan menangkap cahaya menggunakan pigmen yang disebut klorofil. Pigmen inilah yang memberi warna hijau pada tumbuhan. Organel yang mengandung klorofil disebut kloroplas. Klorofil inilah yang menyerap cahaya yang akan digunakan dalam fotosintesis. Meskipun seluruh bagian tubuh tumbuhan yang berwarna hijau mengandung kloroplas, namun sebagian besar energi kimia dihasilkan di daun. Di dalam daun terdapat lapisan sel yang disebut mesofil yang mengandung setengah juta kloroplas setiap milimeter perseginya. Cahaya akan melewati lapisan epidermis yang tidak berwarna dan transparan, menuju mesofil, tempat terjadinya sebagian besar proses fotosintesis.

Permukaan daun biasanya dilapisi oleh kutikula dari lilin yang bersifat anti air untuk mencegah terjadinya penyerapan sinar matahari ataupun penguapan air yang berlebihan.

Fungsi daun yang utama adalah sebagai tempat terjadinya fotosintesis serta mengekspor



hasilnya ke seluruh bagian tanaman.

3.3. Daun dan Kloroplast

Fotosintesis dapat berlangsung diseluruh bagian hijau tanaman, akan tetapi bagian yang terbesar dari pabrik fotosintesis ini adalah pada daun. untuk fotosintesis diperlukan karbondioksida yang masuk melalui stomata.

Banyaknya stomata kira-kira meliputi 0.1 persen dari luas daun. Pada sebagian besar tanaman, stomata terdapat dibagian bawah daun. Perkiraan banyaknya stomata pada berbagai jenis tanaman jumlah stomata pada permukaan daun berkisar antara 0-100 buah, sedangkan di bagian bawah daun berkisar antara 0-600 buah.

Untuk dapat lebih memahami bagaimana daun sebagai fungsi pabrik makanan tanaman, kita dapat memperhatikan Gambar 7.

Pada Gambar 7 tersebut diatas dapat dilihat bagian penampang lintang daun yang terdiri atas:

1. Kutikula (lapisan lilin)
2. Epidermis. Kulit luar organ berupa lapisan lilin yang mencegah kehilangan air secara berlebihan.
3. Stomata: mulut daun, tempat masuknya CO₂
4. Mesophyll: berisi sel-sel mayoritas luas kloroplas.
5. Bundel vaskuler (jaringan pembuluh vaskular): bagian yang menyediakan mineral dan air kepada sel mesofil
6. Xylem: pembuluh tempat transport air
7. Phloem: pembuluh tempat transport makanan
8. Epidermis bagian bawah
9. Jaringan bunga karang
10. Sel tetangga
11. Stomata (mulut daun)
12. Pembuluh vena

3.4. Lintasan pada Fotosintesis

Pada dasarnya, rangkaian reaksi fotosintesis dapat dibagi menjadi dua bagian utama yaitu reaksi terang (karena memerlukan cahaya) dan reaksi gelap (tidak memerlukan cahaya tetapi memerlukan karbon dioksida).

3.4.1. Reaksi Terang

Pada reaksi terang, klorofil mengubah energi surya ke dalam energi kimia (ATP dan NADPH). Reaksi terang adalah proses untuk menghasilkan ATP dan reduksi NADPH₂.

Reaksi ini memerlukan molekul air. Proses ini diawali dengan penangkapan foton oleh pigmen sebagai antena.

Pigmen klorofil menyerap lebih banyak cahaya terlihat pada warna biru (400-450 nanometer) dan merah (650-700 nanometer) dibandingkan dengan hijau (500-600 nanometer).

Cahaya hijau ini akan dipantulkan dan ditangkap oleh mata kita sehingga menimbulkan sensasi bahwa daun berwarna hijau. Fotosintesis akan menghasilkan lebih banyak energi pada gelombang cahaya dengan panjang tertentu. Hal ini karena panjang gelombang yang pendek menyimpan lebih banyak energi.

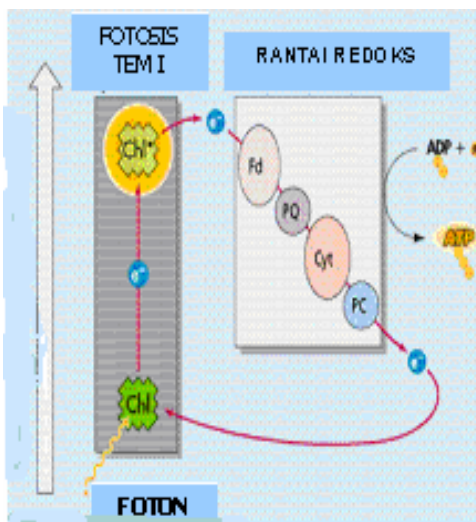
Di dalam daun, cahaya akan diserap oleh molekul klorofil untuk dikumpulkan pada pusat-pusat reaksi.

Tumbuhan memiliki dua jenis pigmen yang berfungsi aktif sebagai pusat reaksi atau fotosistem yaitu *fotosistem II* dan *fotosistem I*.

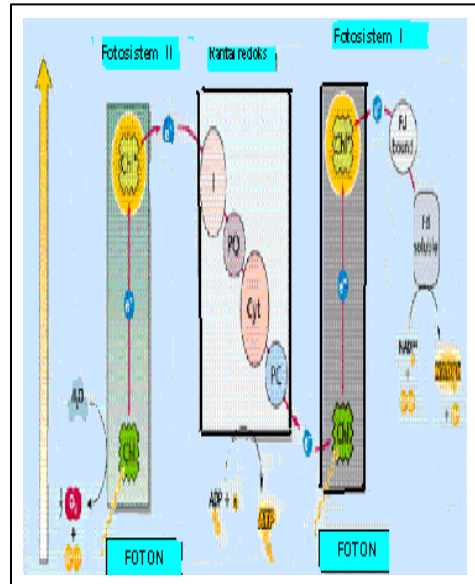
Fotosistem II terdiri dari molekul klorofil yang menyerap cahaya pada panjang gelombang 680nm, sedangkan fotosistem I pada panjang gelombang 700 nm.

Kedua fotosistem ini akan bekerja secara simultan dalam fotosintesis, seperti dua baterai dalam senter yang bekerja saling memperkuat.

Fotosintesis dimulai ketika cahaya mengionisasi molekul klorofil pada fotosistem II, membuatnya melepaskan elektron yang akan ditransfer sepanjang rantai transpor elektron.



Gambar 8. Lintasan fotosistem I



Gambar 9. Lintasan fotosistem II

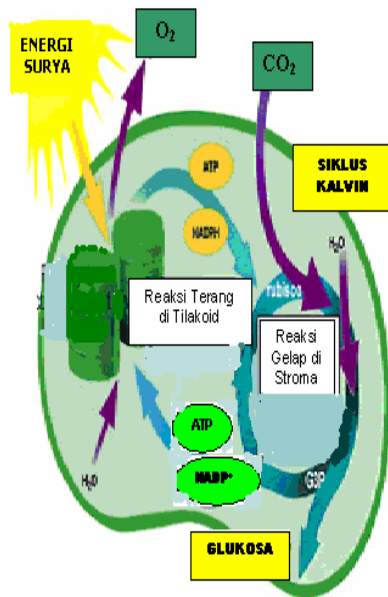
Fotosistem II mengkatalis pelepasan elektron dari molekul-molekul air. Fotosistem I dengan menggunakan lebih banyak energi dari foton-foton yang diserapnya, mengkatalis pelepasan elektron senyawa yang mengikat elektron pada Fotosistem II

Energi dari elektron ini digunakan untuk fotofosforilasi yang menghasilkan ATP, satuan pertukaran energi dalam sel.

Pada tumbuhan dan alga, kekurangan elektron ini dipenuhi oleh elektron dari hasil ionisasi air yang terjadi bersamaan dengan ionisasi klorofil. Hasil ionisasi air ini adalah elektron dan oksigen.

Oksigen dari proses fotosintesis hanya dihasilkan dari air, bukan dari karbon dioksida. Untuk lebih memahami perbedaan mendasar

antara reaksi terang dan gelap dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Skematik reaksi terang dan gelap dari proses fotosintesis

Pendapat ini pertama kali diungkapkan oleh C.B. van Neil yang mempelajari bakteri fotosintetik pada tahun 1930-an. Bakteri fotosintetik, selain *sianobakteri*, tidak menghasilkan oksigen karena menggunakan ionisasi sulfida atau hidrogen.

Pada saat yang sama dengan ionisasi fotosistem II, cahaya juga mengionisasi fotosistem I, melepaskan elektron yang ditransfer sepanjang rantai transpor elektron yang akhirnya mereduksi NADP menjadi NADPH

Hingga sekarang fotosintesis masih terus dipelajari karena masih ada sejumlah tahap yang belum bisa

dijelaskan, meskipun sudah sangat banyak yang diketahui tentang proses vital ini.

Proses fotosintesis sangat kompleks karena melibatkan semua cabang ilmu pengetahuan alam utama, seperti fisika, kimia, maupun biologi sendiri.

Pada tumbuhan, organ utama tempat berlangsungnya fotosintesis adalah daun.

Namun secara umum, semua sel yang memiliki kloroplas berpotensi untuk melaksanakan reaksi ini. Di organel inilah tempat berlangsungnya fotosintesis, tepatnya pada bagian stroma.

Hasil fotosintesis (disebut *fotosintat*) biasanya dikirim ke jaringan-jaringan terdekat terlebih dahulu.

3.4.2. Reaksi gelap

ATP dan NADPH yang dihasilkan dalam proses fotosintesis memicu berbagai proses biokimia.

Pada tumbuhan proses biokimia yang terpicu adalah siklus Calvin yang mengikat karbon dioksida untuk membentuk *ribulosa* (dan kemudian menjadi gula seperti *glukosa*).

Reaksi ini disebut reaksi gelap karena tidak bergantung pada ada tidaknya cahaya sehingga dapat terjadi meskipun dalam keadaan gelap (tanpa cahaya).

3.5. Fotosintesis pada alga dan bakteri

Alga terdiri dari alga multiseluler seperti ganggang hingga alga mikroskopik yang hanya terdiri dari satu sel.

Meskipun alga tidak memiliki struktur sekomples tumbuhan darat, fotosintesis pada keduanya terjadi dengan cara yang sama. Hanya saja karena alga memiliki berbagai jenis pigmen dalam kloroplasnya, maka panjang gelombang cahaya yang diserapnya pun lebih bervariasi.

Semua alga menghasilkan oksigen dan kebanyakan bersifat autotrof. Hanya sebagian kecil saja yang bersifat heterotrof yang berarti bergantung pada materi yang dihasilkan oleh organisme lain.

3.6. Faktor-faktor yang menentukan laju fotosintesis

Secara umum, semua sel yang memiliki kloroplas berpotensi untuk dapat melangsungkan reaksi fotosintesis.

Berikut adalah beberapa faktor utama yang menentukan laju fotosintesis:

1. *Intensitas cahaya.*

Laju fotosintesis akan meningkat sampai tingkat kompensasi cahaya, yaitu tingkat cahaya pada saat pengambilan CO_2 sama dengan

pengeluaran CO_2 (laju pertukaran karbon=0). Apabila tingkat cahaya terus meningkat, akan berkurangnya kenaikan laju penyerapan CO_2 untuk setiap

2. *Konsentrasi karbondioksida.*

Semakin banyak karbondioksida di udara, maka semakin banyak juga jumlah bahan yang dapat digunakan tumbuhan untuk melangsungkan fotosintesis.

3. *Suhu*

Enzim-enzim yang bekerja dalam proses fotosintesis hanya dapat bekerja pada suhu optimalnya. Umumnya laju fotosintesis meningkat seiring dengan meningkatnya suhu hingga batas toleransi enzim.

4. *Kadar air*

Kekurangan air atau cekaman kekeringan menyebabkan stomata tertutup, menghambat masuknya karbondioksida sehingga dapat mengurangi laju fotosintesis.

5. *Kadar fotosintat (hasil fotosintesis).*

Jika kadar fotosintat seperti karbohidrat berkurang, laju fotosintesis akan naik. Bila kadar fotosintat bertambah atau bahkan sampai jenuh, laju fotosintesis akan berkurang.

6. Tahap pertumbuhan

Penelitian menunjukkan bahwa laju fotosintesis jauh lebih tinggi pada tumbuhan yang sedang berkecambah ketimbang tumbuhan dewasa. Hal ini mungkin dikarenakan tumbuhan berkecambah memerlukan lebih banyak energi dan makanan untuk tumbuh.

3.7. Penggunaan dan Penyimpanan hasil fotosintesis

Hasil fotosintesis dapat digunakan tanaman untuk beberapa pemeliharaan, perbaikan bagian-bagian yang rusak, sebagai bahan dasar pembentukan senyawa-senyawa bermanfaat lainnya, bahan baku untuk pembakaran, pertumbuhan/perkembangan serta aktivitas tubuh lainnya, dan disimpan dalam bentuk cadangan makanan.

Penyimpanan cadangan makanan tanaman dapat dalam bentuk:

1. Buah, misalnya mangga, pepaya, rambutan, duku, dan sebagainya
2. Biji, misalnya gandum, padi, jagung dan sebagainya
3. Batang, misalnya tebu
4. Umbi, yang dapat dibagi atas umbi akar (singkong dan bunga dahlia), batang (kentang) dan lapis (bawang).

3.8. Respirasi dan faktor yang menentukan laju respirasi

Peristiwa respirasi atau pernafasan akan menghasilkan sejumlah karbondioksida yang dilepas ke udara,

Laju respirasi ini tidak tetap akan tetapi berfluktuasi dari waktu ke waktu sebagai akibat pengaruh berbagai faktor baik faktor dalam maupun faktor luar.

Beberapa faktor yang mempengaruhi adalah:

1. Suhu

Seluruh reaksi kimia yang terjadi pada makhluk hidup sangat dipengaruhi suhu. Perubahan suhu akan menimbulkan perubahan dalam reaksi biokimia tanaman, begitu juga dengan respirasi,

Hubungan antara kenaikan suhu dengan reaksi biokimia pada tanaman secara kuantitatif dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini.

$$Q_{10} = \frac{\text{laju pada } (t + 10^{\circ}\text{C})}{\text{laju pada } t^{\circ}\text{C}}$$

Q_{10} untuk reaksi respirasi adalah 2-3, ini berarti bahwa peningkatan suhu sebesar 10°C , akan meningkatkan laju reaksi 2 -3 kali lipat. Oleh karena itu pada daerah panas, umbi kentang tidak dapat menjadi lebih besar karena fotosintesisnya rendah sedangkan respirasinya tinggi.

2. Ketersediaan oksigen dan karbondioksida

Ketersediaan oksigen ditempat terjadinya respirasi aerob sangat penting. Apabila oksigen tidak tersedia maka respirasi tidak berlangsung, dan seluruh proses respirasi terhenti dan bahan-bahan racun tertimbun sehingga tanaman menjadi mati.

Karbondioksida

Kadar karbondioksida yang tinggi (mencapai 10%) juga akan menghambat laju respirasi semakin rendah. Kondisi inilah yang selalu dimanfaatkan oleh pedagang hortikultura agar produk hortikulturnya tetap segar.

3. Cahaya

Cahaya meningkatkan respirasi secara tidak langsung yaitu melalui pengaruh cahaya terhadap fotosintesa. Dengan meningkatnya laju fotosintesa maka persediaan substrat bahan baku meningkat, yang berarti juga meningkatkan respirasi.

Ada 3 ciri dari cahaya yang mempengaruhi fotosintesis, yaitu intensitas cahaya, kualitas cahaya, dan lamanya penyinaran.

a. Intensitas cahaya. makin rendah intensitas cahaya, makin rendah laju fotosintesis karena produksi ATP dan NADPH tidak cukup tinggi. Intensitas cahaya pada siang terik pada musim kemarau di Indonesia berada sekitar 10.000 kaki-lilin (1 kaki-lilin = intensitas cahaya 1 lilin jarak 1 kaki), tetapi hanya 25-30% yang dipergunakan untuk fotosintesis oleh tanaman. Pada bagian-bagian teduh bahkan hanya 10% saja. Oleh karena itu pada siang hari intensitas cahaya tidak merupakan faktor penghambat.

b. Kualitas cahaya. Kualitas cahaya ditentukan oleh proporsi dari warna-warna cahaya seperti merah, kuning, hijau, biru, dan sebagainya. klorofil menyerap warna didaerah biru dan merah, yaitu panjang gelombang yang paling banyak digunakan dalam proses fotosintesis. Sedangkan penyerapan yang terendah adalah warna hijau. warna hijau dari daun menunjukkan bahwa sinar hijau banyak dipantulkan. oleh karena itu sinar hijau kecil sekali pengaruhnya terhadap fotosintesis.

c. Lama penyinaran. Apabila CO_2 serta faktor-faktor lain tidak terbatas, maka penyinaran secara terus-menerus akan menyebabkan terjadinya fotosintesis secara terus-menerus pula.

4. Pengurangan atau penambahan air

Biji kering mempunyai tingkat respirasi yang rendah, jika dilakukan penambahan air akan mengaktifkan enzim dan hal ini berarti respirasi meningkat

5. Pengaruh mekanis dan zat kimia

Pelukaan, gosong terbakar, merupakan contoh-contoh yang dapat meningkatkan laju respirasi. Senyawa racun seperti sianida, arsenit sebagainya juga dapat membunuh tanaman yang berakibat pada penghambatan enzim respirasi

6. Umur serta macam jaringan

Setiap macam jaringan memiliki laju respirasi yang berbeda satu sama lain. Laju respirasi dari jaringan muda lebih cepat dibandingkan dengan jaringan tua.

Jaringan yang sedang aktif tumbuh juga memiliki laju respirasi yang tinggi.

7. Kandungan hara dalam tanah.

Mg dan N merupakan dari bagian klorofil, jadi langsung berpengaruh pada fotosintesis. Unsur besi (Fe) adalah bagian dari sitokrom, jadi penting bagi reaksi terang. Sedangkan unsur P penting bagi fotosintesis karena merupakan bagian ATP/ADP. Mn penting karena merupakan bagian dari enzim.

3.9. Penemuan

Meskipun masih ada langkah-langkah dalam fotosintesis yang belum dipahami, persamaan umum fotosintesis telah diketahui sejak tahun 1800-an.

Pada awal tahun 1600-an, seorang dokter dan ahli kimia, Jan van Helmont, seorang Filandia (sekarang bagian dari Belgia), melakukan percobaan untuk mengetahui faktor apa yang menyebabkan massa tumbuhan bertambah dari waktu ke waktu. Dari penelitiannya, Helmont menyimpulkan bahwa massa tumbuhan bertambah hanya karena pemberian air.

Tapi pada tahun 1720, ahli botani Inggris, Stephen Hales berhipotesis bahwa pasti ada faktor lain selain air yang berperan. Ia berpendapat faktor itu adalah udara.

Joseph Priestley, seorang ahli kimia dan pendeta, menemukan bahwa ketika ia menutup sebuah lilin menyala dengan sebuah toples terbalik, nyalanya akan mati sebelum lilinnya habis terbakar. Ia kemudian menemukan bila ia meletakkan tikus dalam toples terbalik bersama lilin, tikus itu akan mati lemas.

Dari kedua percobaan itu, Priestley menyimpulkan bahwa nyala lilin telah "merusak" udara dalam toples itu dan menyebabkan matinya tikus.

Ia kemudian menunjukkan bahwa udara yang telah "dirusak" oleh lilin tersebut dapat "dipulihkan" oleh

tumbuhan. Ia juga menunjukkan bahwa tikus dapat tetap hidup dalam toples tertutup asalkan di dalamnya juga terdapat tumbuhan.

Pada tahun 1778, Jan Ingenhousz, dokter kerajaan Austria, mengulangi eksperimen Priestley. Ia menemukan bahwa cahaya matahari berpengaruh pada tumbuhan sehingga dapat "memulihkan" udara yang "rusak".

Akhirnya di tahun 1796, Jean Senebier, seorang pastor Perancis, menunjukkan bahwa udara yang "dipulihkan" dan "merusak" itu adalah karbon dioksida yang diserap oleh tumbuhan dalam fotosintesis.

Tidak lama kemudian, Theodore de Saussure berhasil menunjukkan hubungan antara hipotesis Stephen Hale dengan percobaan-percobaan "pemulihan" udara. Ia menemukan bahwa peningkatan massa tumbuhan bukan hanya karena penyerapan karbon dioksida, tetapi juga oleh pemberian air.

Melalui serangkaian eksperimen inilah akhirnya para ahli berhasil menggambarkan persamaan umum dari fotosintesis yang menghasilkan makanan (seperti glukosa).

3.10. Rangkuman

Tumbuhan hijau adalah tumbuhan yang mengandung zat hijau daun (klorofil). klorofil ini berada di *kloroplas*.

Dalam kloroplas tanaman tingkat tinggi terdapat dua macam klorofil yang merupakan bahan penyerap

energi yang utama yaitu klorofil A dan klorofil B.

Tumbuhan hijau berperan sebagai produsen karena dapat membuat makanan sendiri melalui proses fotosintesis.

Fotosintesis adalah proses penyusunan makanan pada zat hijau daun (klorofil) dengan bantuan sinar matahari. Dalam proses fotosintesis ini, tumbuhan memerlukan air dan mineral, seperti fosfor, besi, magnesium, dan kalium.

Bahan baku untuk proses fotosintesis adalah karbondioksida dan air. Karbondioksida diambil oleh tumbuhan hijau melalui mulut daun (stomata) dan pori-pori kecil pada batang (lentisel), sedangkan air diambil dari tumbuhan hijau dari dalam tanah melalui akar.

Fotosintesis dapat menjadi lebih cepat atau lambat, bergantung pada: ketersediaan oksigen dan karbondioksida, cahaya, air, hara tanaman, mekanis dan zat kimia, umur serta macam jaringan tanaman.

Jaringan muda pada tanaman laju fotosintesisnya relatif lebih cepat dibandingkan dengan jaringan tua. Jaringan yang sedang aktif tumbuh juga memiliki laju respirasi yang tinggi.

Laju respirasi ini tidak tetap akan tetapi berfluktuasi dari waktu ke waktu sebagai akibat pengaruh berbagai faktor baik faktor dalam maupun faktor luar

Hasil fotosíntesis ialah zat gula yang digunakan sebagai bahan baku untuk pembakaran (oksida biologis) dalam tubuh tanaman dan berfungsi untuk mengganti sel-sel yang rusak, serta untuk menunjang pertumbuhan dan aktivitas tumbuhan, sedangkan oksigen berfungsi membantu pernapasan tumbuhan.

Adapun oksigen digunakan untuk membakar zat makanan (zat gula) dan selebihnya dilepaskan melalui stomata untuk pernapasan bagi hewan dan manusia.

Oksidasi biologis adalah proses pembakaran terhadap zat makanan (zat gula) oleh oksigen didalam tubuh yang menghasilkan energi untuk beraktivitas dan karbondioksida serta uap air sebagai zat sisa.

Tidak semua zat hasil fotosíntesis (zat makanan) digunakan oleh tumbuhan hijau. Kelebihan zat hasil fotosíntesis disimpan sebagai cadangan makanan dalam buah, batang, dan umbi.

3.11. Soal

Berilah tanda silang (X) pada huruf A, B, C, dan D di depan jawaban yang kamu anggap benar.

1. Bahan yang diperlukan pada proses fotosintesis adalah...

- A. Air dan karbondioksida
- B. Oksigen dan gula
- C. Cahaya matahari
- D. Klorofil

2. Hasil dari fotosíntesis adalah...

- A. Air
- B. Gula
- C. Karbondioksida
- D. Klorofil

3. Zat tepung yang terkandung di dalam umbi akar seperti singkong sebenarnya merupakan hasil dari...

- A. Pertumbuhan
- B. Perkembangan
- C. Kemosintesis
- D. Fotosíntesis

4. Gula hasil fotosíntesis digunakan untuk berbagai hal, kecuali...

- A. Cadangan makanan
- B. Bahan penghasil energi
- C. Aktivitas pertumbuhan
- D. Seluruhnya diubah ke bentuk lain yang lebih dibutuhkan

5. Tempat berlangsungnya fotosintesis pada tumbuhan hijau terdapat di...

- A. Seluruh bagian tanaman yang berwarna hijau
- B. Daun
- C. Akar
- D. batang

6. Karbondioksida diambil tanaman dari...

- A. Udara
- B. Air
- C. Tanah
- D. Senyawa kimia

7. Air diambil tanaman dari...

- A. Udara
- B. Air
- C. Tanah
- D. Senyawa kimia

8. Respirasi adalah...

- A. Pembentukan senyawa organik dari senyawa anorganik
- B. Pembentukan senyawa anorganik dari senyawa anorganik
- C. Pembentukan senyawa organik dari senyawa organik
- D. Pembentukan senyawa anorganik dari senyawa organik

9. Respirasi memerlukan bahan dasar...

- A. Gula
- B. Karbondioksida
- C. Air
- D. Oksigen

10. Tempat terjadinya fotosintesis adalah...

- A. Daun
- B. Bunga
- C. Batang
- D. Akar

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan benar!

1. Apakah perbedaan antara fotosintesis dengan respirasi
2. Jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi fotosintesis
3. Jika suhu meningkat mencapai 48°C , apa yang terjadi pada tanaman?
4. Apakah jamur dapat melakukan fotosintesis? Jelaskan jawabanmu
5. Apa yang terjadi jika tanaman mengalami kekurangan air?
6. Mengapa tanaman dapat membersihkan udara?
7. Mengapa umbi kentang pada daerah tropis memiliki umbi yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan daerah sub tropis?

8. Faktor-faktor apakah yang sangat mempengaruhi pembentukan klorofil?
9. Ketersediaan air tanah dapat mempengaruhi fotosintesis. Apakah hal ini disebabkan karena ada hubungannya dengan transpirasi, proses tertutup dan terbukanya stomata, atau karena adanya hubungannya dengan proses pemasukan karbondioksida?
10. Bagaimana kegiatan atau laju fotosintesis pada tanaman bila dihubungkan dengan kadar oksigen yang tersedia di udara sekitarnya?
11. Apakah fotosintesis terjadi pada seluruh bagian tanaman, jelaskan jawabmu
12. Fungsi klorofil pada proses fotosintesis adalah untuk
13. Stomata daun tempat masuknya karbondioksida akan menutup, jika tanaman kekurangan

BAB IV TRANSPOR AIR SERTA FOTOSINTETAT TANAMAN

4.1. Pengantar

Air merupakan 85–95% berat tumbuhan herba yang hidup di air. Kandungan air dalam tanaman bervariasi antara 70 dan 90%, tergantung umur, spesies, jaringan tertentu, dan lingkungan. Air sangat bermanfaat bagi kehidupan tanaman. Oleh karenanya kelangsungan hidup tanaman di muka bumi ini sangat tergantung pada air, dengan kata lain *tiada air tiada kehidupan*.

Air dibutuhkan untuk bermacam-macam fungsi tanaman seperti:

- Pelarut dan medium reaksi kimia
- Medium untuk transpor, zat terlarut organik dan anorganik
- Medium memberikan turgor pada sel tanaman. Turgor menggalakkan pembesaran sel, struktur tanaman, dan penempatan daun
- Hidrasi dan netralisasi muatan pada molekul-molekul koloid. Untuk enzim, air hidrasi membantu memelihara struktur dan memudahkan fungsi katalis.
- Bahan baku fotosintesis, proses hidrolisa dan reaksi-reaksi kimia lainnya

- Transpirasi untuk mendinginkan permukaan tanaman.

Sistem yang menggambarkan tingkah laku air dan pergerakannya dalam tanah dan tubuh tanaman didasarkan atas hubungan energi potensial. Air mempunyai kapasitas untuk melakukan kerja, yaitu akan bergerak dari daerah dengan energi potensial tinggi ke daerah dengan energi potensial rendah.

Air dalam tanah dan tubuh tanaman biasanya secara kimia tidak murni, disebabkan oleh adanya bahan terlarut dan cara fisik yang dibatasi oleh beberapa gaya, seperti gaya tarik menarik yang berlawanan, gravitasi, dan tekanan. Oleh karenanya energi potensialnya lebih kecil dari air murni. Dalam tubuh tanaman energi potensial air ini disebut *potensi air*.

Tanaman yang kekurangan air akan menjadi layu, dan apabila tidak diberikan air secepatnya akan terjadi *layu permanen* yang dapat menyebabkan kematian.

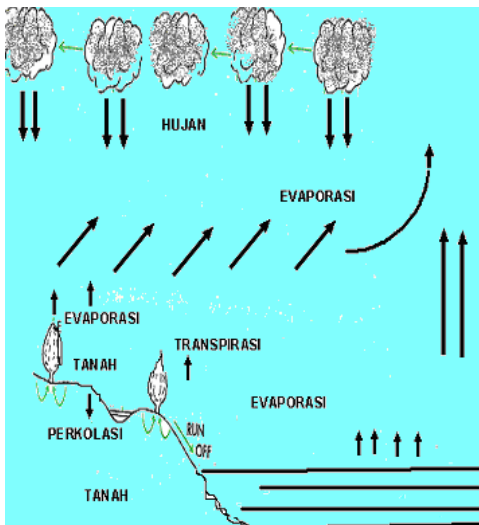
Air di alam ini mengalami peredaran, yang disebut dengan *daur air*.

Daur air adalah perubahan yang terjadi pada air secara berulang dalam suatu pola tertentu.

Air yang ada di permukaan bumi mengalami penguapan, yaitu berubah menjadi uap air. Uap air naik dan berkumpul membentuk awan. Selanjutnya awan sampai ke tempat bersuhu dingin.

Semakin jauh dari permukaan bumi udara makin dingin. Saat bersentuhan dengan udara dingin, awan mengalami kondensasi membentuk butiran air. Butiran air ini jatuh kembali ke permukaan bumi sebagai air hujan.

Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11 Peredaran air dimuka bumi

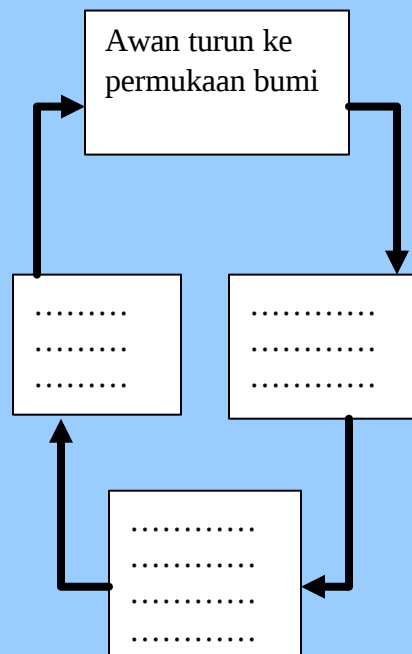
Kerja ilmiah 1.

Tujuan: memahami pergerakan air dimuka bumi

Dibawah ini diberikan bagan yang belum terisi, merupakan proses daur air. Isilah dengan benar kolom dan tanda panah yang tersedia dibawah ini.

Setelah menyelesaikan bagan tersebut coba diskusikan bagaimana agar peredaran air ini tetap berlangsung sebagaimana mestinya.

Menurut pendapatmu bagaimana sistem pertanian yang paling sesuai dalam pertanaman padi sawah, yang membutuhkan air dalam pertanamannya.



4.2. Mekanisme Pergerakan Air

Terdapat lima mekanisme utama yang menggerakkan air dari suatu tempat ke tempat lain, yaitu :

- difusi
- osmosis
- tekanan kapiler
- tekanan hidrostatik

- gravitasi

Laju difusi antara lain tergantung pada suhu dan densitas (kepadatan) medium.

4.2.1. Difusi

Difusi adalah pergerakan molekul atau ion dari daerah dengan konsentrasi tinggi ke daerah dengan konsentrasi rendah.

Beberapa contoh difusi:

1. Apabila kita teteskan minyak wangi dalam botol lalu ditutup, maka bau minyak wangi tersebut akan tersebar ke seluruh bagian botol. Apabila tutup botol dibuka, maka bau minyak wangi tersebut akan tersebar ke seluruh ruangan, meskipun tidak menggunakan kipas. Hal ini disebabkan karena terjadi proses difusi dari botol minyak wangi (konsentrasi tinggi) ke ruangan (konsentrasi rendah).
2. Apabila kita meneteskan tinta ke dalam segelas air, maka warna tinta tersebut akan menyebar dari tempat tetesan awal (konsentrasi tinggi) ke seluruh air dalam gelas (konsentrasi rendah) sehingga terjadi keseimbangan. Sebenarnya, selain terjadi pergerakan tinta, juga terjadi pergerakan air menuju ke tempat tetesan tinta (dari konsentrasi air yang tinggi ke konsentrasi air rendah).

Gas berdifusi lebih cepat dibandingkan dengan zat cair, sedangkan zat padat berdifusi lebih lambat dibandingkan dengan zat cair. Molekul berukuran besar lebih lambat pergerakannya dibanding dengan molekul yang lebih kecil.

Pertukaran udara melalui stomata merupakan contoh dari proses difusi. Pada siang hari terjadi proses fotosintesis yang menghasilkan O_2 sehingga konsentrasi O_2 meningkat. Peningkatan konsentrasi O_2 ini akan menyebabkan difusi O_2 dari daun ke udara luar melalui stomata. Sebaliknya konsentrasi CO_2 di dalam jaringan menurun (karena digunakan untuk fotosintesis) sehingga CO_2 dari udara luar masuk melalui stomata.

Faktor yang mempengaruhi difusi adalah:

- suhu
- kepadatan zat
- besar kecilnya perbedaan konsentrasi

4.2.2. Osmosis

Osmosis adalah difusi melalui membran semipermeabel. definisi osmosis secara lebih terperinci adalah peristiwa Bergeraknya pelarut antara dua larutan yang dibatasi membran semi permeable dan (selaput permeable difrensial) berlangsung dari larutan yang konsentrasinya tinggi ke konsentrasi rendah.

Suatu larutan yang mempunyai tekanan osmosis lebih tinggi daripada larutan lain disebut *supertonik*, sedangkan kebalikannya disebut hipotonik. Bila dua larutan sama tekanan osmosisnya, disebut *isotonik* atau *isomosi*

Masuknya larutan ke dalam sel-sel endodermis merupakan contoh proses osmosis. Dalam tubuh organisme multiseluler, air bergerak dari satu sel ke sel lainnya dengan leluasa.

Selain air, molekul-molekul yang berukuran kecil seperti O_2 dan CO_2 juga mudah melewati membran sel. Molekul-molekul tersebut akan berdifusi dari daerah dengan konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah.

Proses Osmosis akan berhenti jika konsentrasi zat di kedua sisi membran tersebut telah mencapai keseimbangan.

Osmosis juga dapat terjadi dari sitoplasma ke organel-organel bermembran.

Percobaan osmosis dapat dibuat dengan menyekat tabung yang berisi larutan gula 10% dalam air (10% gula dan 90% air) dengan membran semipermeabel. Apabila tabung tersebut dicelupkan dalam air, maka akan terjadi osmosis. Air dari dalam gelas piala akan masuk ke dalam tabung dan menaikkan cairan yang ada dalam tabung. Osmometer sederhana dibuat dengan menyekat tabung dengan membran. Osmosis dapat dicegah dengan menggunakan tekanan.

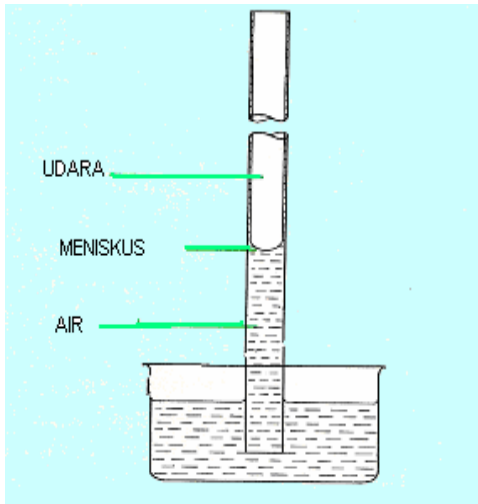
Oleh karena itu, ahli fisiologi tanaman lebih suka menggunakan istilah potensial osmotik yakni tekanan yang diperlukan untuk mencegah osmosis.

Jika wortel direndam ke dalam larutan garam 10% maka sel-selnya akan kehilangan rigiditas (kekakuan) nya. Hal ini disebabkan potensial air dalam sel wortel tersebut lebih tinggi dibanding dengan potensial air pada larutan garam sehingga air dari dalam sel akan keluar ke dalam larutan tersebut. Jika diamati dengan mikroskop maka vakuola sel-sel wortel tersebut tidak tampak dan sitoplasma akan mengerut dan membran sel akan terlepas dari dindingnya. Peristiwa lepasnya plasma sel dari dinding sel ini disebut *plasmolisis*.

Faktor yang mempengaruhi osmosis tergantung pada banyak sedikitnya molekul zat pelarut

4.2.3. Tekanan kapiler

Apabila pipa kapiler dicelupkan ke dalam bak yang berisi air, maka permukaan air dalam pipa kapiler akan naik sampai terjadi keseimbangan antara tegangan yang menarik air tersebut dengan beratnya.



Gambar 12 Peristiwa kapilaritas

Tekanan yang menarik air tersebut disebut tekanan kapiler.

Tekanan kapiler tergantung pada diameter kapiler : *semakin kecil diameter kapiler semakin besar tegangan yang menarik kolom air tersebut.*

Semakin kecil diameter tabung semakin besar tinggi kolom cairan. Partikel-partikel tanah bersifat hidrofilik, dan mempunyai pori-pori mikro. Air akan ditarik oleh partikel tanah dan mengisi pori-pori tersebut dan tetap dipertahankan melalui tekanan kapiler. Kekuatan tekanan ini tergantung pada ketersediaan air.

Pada tanah yang lembab kemampuan memegang airnya rendah, sedangkan pada tanah kering kemampuan memegang airnya lebih besar.

4.2.4. Tekanan hidrostatik

Masuknya air ke dalam sel akan menyebabkan tekanan terhadap dinding sel sehingga dinding sel meregang. Hal ini akan menyebabkan timbulnya tekanan hidrostatik untuk melawan aliran air tersebut. Tekanan hidrostatik dalam sel disebut *tekanan turgor*.

Tekanan turgor yang berkembang melawan dinding sebagai hasil masuknya air ke dalam vakuola sel disebut *potensial tekanan*.

Tekanan turgor penting bagi sel karena dapat menyebabkan sel dan jaringan yang disusunnya menjadi kaku.

Potensial air suatu sel tumbuhan secara esensial merupakan kombinasi potensial osmotik dengan potensial tekanannya.

Jika dua sel yang bersebelahan mempunyai potensial air yang berbeda, maka air akan bergerak dari sel yang mempunyai potensial air tinggi menuju ke sel yang mempunyai potensial air rendah.

Tekanan hidrostatik dalam sel disebut tekanan turgor. Tekanan turgor yang berkembang melawan dinding sebagai hasil masuknya air ke dalam vakuola sel disebut potensial tekanan.

Tekanan turgor penting bagi sel karena dapat menyebabkan sel dan jaringan yang disusunnya menjadi kaku.

Potensial air suatu sel tumbuhan secara esensial merupakan kombinasi potensial osmotik dengan potensial tekanannya. Jika dua sel yang bersebelahan mempunyai potensial air yang berbeda, maka air akan bergerak dari sel yang mempunyai potensial air tinggi menuju ke sel yang mempunyai potensial air rendah.

4.2.5. Gravitasi

Air juga bergerak untuk merespons gaya gravitasi bumi, sehingga perlu tekanan untuk menarik air ke atas.

Pada tumbuhan herba, pengaruh gravitasi dapat diabaikan karena perbedaan ketinggian pada bagian tanaman tersebut relatif kecil.

Pada tumbuhan yang tinggi, pengaruh gravitasi ini sangat nyata. Untuk menggerakkan air ke atas pada pohon setinggi 100 m diperlukan tekanan sekitar 20 atmosfer.

4.3. Mekanisme Tanaman mengambil air

Sebagian besar air yang telah diserap akan hilang dari tubuh tanaman baik dalam bentuk uap air maupun dalam bentuk tetesan air.

Dari keseluruhan air yang hilang maka air yang hilang dalam bentuk gutasi hanya kira-kira 1%. Dengan demikian sebagian besar air yang hilang adalah dalam bentuk uap air.

Pada sebagian besar hewan, cairan cenderung di daur ulang melalui

sistem sirkulasi, sedangkan pada tanaman air bergerak satu arah dari akar melalui batang menuju daun. Suplai air ini memungkinkan tumbuhan melakukan proses fotosintesis, memelihara turgor sehingga tumbuhan dapat berdiri tegak, menjaga suhu tajuk tetap dingin, dan melakukan transportasi mineral terlarut.

Adanya lapisan lilin (kutikula) pada epidermis daun dan batang, ataupun lapisan gabus pada batang yang telah mengalami pertumbuhan sekunder dapat mengurangi kehilangan air pada tumbuhan.

Perjalanan air dalam tumbuhan dimulai dengan absorpsi air pada permukaan akar. Air masuk ke dalam akar melalui sel-sel epidermis dan rambut akar (modifikasi sel epidermis). Rambut akar meningkatkan luas permukaan akar sehingga absorpsi air menjadi lebih efisien.

Rambut akar dijumpai pada ujung akar yaitu pada daerah pemanjangan sel.

Selanjutnya air dari epidermis masuk ke dalam korteks akar. Sebagian air masuk melalui sitoplasma (rute *simplas*) dan sebagian besar air melalui ruang antar sel (rute *apoplas*).

Ketika mencapai endodermis, air yang masuk dengan rute apoplas dipaksa masuk ke dalam endodermis karena pada endodermis terdapat jalur/pita *Caspari*.

Jalur *Caspary* merupakan lilin (suberin) yang menebal pada dinding transversal dan dinding radial sel-sel endodermis. Suberin tidak dapat ditembus oleh air sehingga air dipaksa masuk ke dalam sel-sel endodermis pada bagian dinding tangensial. Ketika masuk ke dalam sel, maka mineral terlarut dalam air akan diseleksi oleh membran plasma yang bersifat semipermeabel.

Air dari sel-sel endodermis selanjutnya masuk ke dalam pembuluh xilem melalui proses osmosis. Air dari pembuluh xilem akar, bergerak melalui xilem batang hingga ke xilem daun.

Cairan xilem yang ada dalam xilem akar, xilem batang dan xilem daun berhubungan satu dengan lainnya membentuk suatu kolom.

Ada empat kemungkinan yang dapat menerangkan mekanisme perjalanan air tersebut, yaitu:

- tekanan akar
- pompa xilem
- aksi kapiler
- penarikan air ke atas.

Pada pagi hari, sering kita jumpai air yang keluar dari permukaan daun melalui proses gutasi. Gutasi terjadi ketika air dalam tanah jenuh sementara kehilangan air melalui evaporasi kecil. Gutasi terjadi karena adanya tekanan akar. Tekanan akar terjadi karena adanya gradien osmotik. Gutasi terjadi

melalui hidatoda yang terdapat pada ujung-ujung pertulangan daun.

Gutasi terjadi jika malam hari udara dingin dan siang hari udara lembab dan hangat. Pada malam hari, mineral yang diabsorpsi dipompa ke dalam ruang antarsel disekeliling xilem. Akibatnya potensial air pada unsur pembuluh xilem berkurang dan air bergerak ke dalamnya dari sel-sel sekelilingnya.

Tidak adanya transpirasi pada malam hari, tekanan di dalam xilem membangun titik-titik penekanan air larutan keluar hidatoda. Walaupun air gutasi menyerupai air embun, keduanya dapat dibedakan.

Air embun berasal dari kondensasi uap air, sedangkan gutasi berasal dari tekanan akar. Jika terkena cahaya matahari, air gutasi menguap dan meninggalkan residu bahan organik dan garam mineral.



Gambar 13 Peristiwa gutasi pada daun

Tekanan akar hanya terjadi pada tumbuhan yang rendah dan jarang melebihi 45 psi (*pound per square inch*).

Sedangkan untuk tumbuhan yang tinggi diperlukan tekanan hingga 150 psi.

Pada beberapa tanaman misalnya pinus, tidak mengembangkan tekanan akar. Jika batang dilukai ternyata juga tidak menyebabkan air tersembur ke luar. Demikian juga air kapiler hanya dapat mencapai ketinggian 0.5 m saja.

Transpirasi

Walaupun tekanan akar, pompa xilem dan aksi kapiler berperan dalam transpor air pada beberapa tumbuhan, sebagian besar mekanisme transpor air adalah melalui proses penarikan air karena penguapan atau transpirasi.

Transpirasi adalah proses penguapan air melalui stomata. Ketika celah stomata terbuka maka molekul air akan bergerak dari konsentrasi tinggi (di dalam daun) ke konsentrasi rendah (lingkungan luar).

Proses transpirasi dapat diterangkan dengan mengacu sifat fisik air .

Molekul air akan melakukan tarik menarik dengan molekul air lainnya melalui proses kohesi. Selain itu molekul air juga dapat melakukan

tarik menarik dengan dinding xilem melalui proses adhesi.

Penguapan air melalui stomata akan menarik kolom air yang ada di dalam xilem, dan molekul air baru akan masuk ke dalam rambut akar.

Teori kehilangan air melalui transpirasi ini disebut juga *teori tegangan adhesi dan kohesi*

Pada sebagian besar tumbuhan, transpirasi umumnya sangat rendah pada malam hari.

Transpirasi mulai menaik beberapa menit setelah matahari terbit dan mencapai puncaknya pada siang hari.

Transpirasi berhubungan langsung dengan intensitas cahaya. Semakin besar intensitas cahaya semakin tinggi laju transpirasi.

Faktor-faktor lingkungan lainnya yang berpengaruh terhadap transpirasi antara lain: konsentrasi CO₂, temperatur, kelembaban relatif, kepadatan udara, dan kecepatan angin.

4.4. Mekanisme membuka dan menutupnya stomata

Stomata merupakan celah yang dibatasi oleh dua sel penjaga. Sel penjaga mempunyai penebalan dinding khusus (bagian tertentu menebal sedangkan bagian lainnya tidak menebal) dan di dalam selnya terdapat kloroplas

Pengamatan mikroskopis terhadap permukaan daun menunjukkan

bahwa cahaya mempengaruhi pembukaan stomata.

Pada saat redup atau tidak ada cahaya umumnya stomata tumbuhan menutup. Ketika intensitas cahaya meningkat stomata membuka hingga mencapai nilai maksimum.

Mekanisme membuka dan menutupnya stomata dikontrol oleh sel penjaga. Dibawah iluminasi, konsentrasi solut dalam vakuola sel penjaga meningkat. Bagaimana konsentrasi solut tersebut meningkat ?

Pertama, pati yang terdapat pada kloroplas sel penjaga diubah menjadi asam malat.

Kedua, pompa proton pada membran plasma sel penjaga diaktifkan. Pompa proton tersebut menggerakkan ion H^+ , beberapa diantaranya berasal dari asam malat, melintasi membran plasma. Asam malat kehilangan ion H^+ membentuk ion malat. Hal ini menaikkan gradien listrik dan gradien pH lintas membran plasma.

Ion K^+ mengalir ke dalam sel tersebut melalui suatu saluran sebagai respons terhadap perbedaan muatan, sedangkan ion Cl^- berasosiasi dengan ion H^+ mengalir ke dalam sel tersebut melalui saluran lainnya dalam merespon perbedaan konsentrasi ion H^+ . Akumulasi ion malat, K^+ , dan Cl^- menaikkan tekanan osmotik sehingga air tertarik ke dalam sel penjaga.

Signal yang mengaktifkan enzim pembentukan malat dan mengaktifkan pompa proton di dalam membran plasma adalah *cahaya merah* dan *cahaya biru*.

Produksi asam malat dan influksion K^+ dan Cl^- menarik air ke dalam sel melalui proses osmosis. Ketika vakuola sel penjaga memperoleh air, sel tersebut membengkak dan menyebabkan tekanan turgor naik. Tekanan turgor ini akan mendesak dinding tipis pada sel penjaga sehingga mengakibatkan stomata membuka.

Proses menutupnya stomata akan terjadi pada saat sel penjaga kehilangan ion K^+ yang kemudian disusul dengan hilangnya air melalui proses osmosis yang menyebabkan turgor sel penjaga menurun.

Adanya klorofil pada sel penjaga mengakibatkan sel penjaga dapat melangsungkan proses fotosintesis yang menghasilkan glukosa dan mengurangi konsentrasi CO_2 . Glukosa larut dalam air sehingga air dari jaringan di sekitar sel penjaga akan masuk ke dalam sel penjaga yang mengakibatkan tekanan turgor sel penjaga naik sehingga stomata akan membuka.

Faktor yang mempengaruhi membuka dan menutupnya stomata yaitu:

1. Faktor internal antara lain cahaya matahari, konsentrasi CO_2 , dan asam absisat (ABA).
2. Faktor internal (jam biologis).

Cahaya matahari merangsang sel penjaga menyerap ion K^+ dan air, sehingga stomata membuka pada pagi hari.

Konsentrasi CO_2 yang rendah di dalam daun juga menyebabkan stomata membuka.

Stomata akan menutup apabila terjadi cekaman air.

Pada saat cekaman air, zat pengatur tumbuh ABA diproduksi di dalam daun yang menyebabkan membran menjadi bocor sehingga terjadi kehilangan ion K^+ dari sel penjaga dan menyebabkan sel penjaga mengerut sehingga stomata menutup.

Faktor internal yaitu jam biologis memicu serapan ion pada pagi hari sehingga stomata membuka, sedangkan pada malam hari terjadi pembebasan ion yang menyebabkan stomata menutup.

Stomata pada sebagian besar tanaman umumnya membuka pada siang hari dan menutup pada malam hari.

Pada beberapa tumbuhan misalnya kelompok tumbuhan CAM stomata membuka pada malam hari sedangkan pada siang hari stomata menutup.

Menutupnya stomata pada siang hari merupakan adaptasi untuk mengurangi proses penguapan tumbuhan yang hidup di daerah kering.

Pada malam hari CO_2 masuk ke dalam tanaman dan disimpan dalam bentuk senyawa C4. Selanjutnya senyawa C4 akan membebaskan CO_2 pada siang hari sehingga dapat digunakan untuk fotosintesis.

Adaptasi lainnya yang terdapat pada tumbuhan xerofit untuk mengurangi proses transpirasi yaitu memiliki daun dengan stomata tersembunyi (masuk ke bagian dalam) yang ditutupi oleh trikoma (rambut-rambut yang merupakan penjuruan epidermis).

Pada saat matahari terik, jumlah air yang hilang melalui proses transpirasi lebih tinggi daripada jumlah air yang diserap oleh akar. Untuk mengurangi laju transpirasi tersebut stomata akan menutup.

Menutupnya stomata akan menurunkan jumlah CO_2 yang masuk ke dalam daun sehingga akan mengurangi laju fotosintesis.

Pada dasarnya proses membuka dan menutupnya stomata bertujuan untuk menjaga keseimbangan antara kehilangan air melalui transpirasi dengan pembentukan gula melalui fotosintesis.

4.5. Transpor fotosintetat melalui floem

Tanaman mempunyai dua sistem transpor yang terpisah yaitu xilem dan floem.

Xilem berfungsi mengangkut air, sedangkan floem berfungsi

mengangkut gula yang dihasilkan dari proses fotosintesis.

Floem disusun oleh sel-sel penghantar makanan yang disebut unsur tapis yang tersusun dari ujung ke ujung menyerupai tabung.

Melalui perforasi pada lempeng tapis, larutan gula (disebut juga cairan floem) bergerak bebas dari satu sel ke sel berikutnya karena adanya sitoplasma yang saling berhubungan/kontinu.

Cairan floem terutama mengandung sukrosa (molekul disakarida); selain itu dapat mengandung ion-ion anorganik, asam-asam amino, dan zat pengatur tumbuh yang dipindahkan dari satu bagian tanaman ke bagian tanaman lainnya.

Berbeda dengan cairan xilem yang hanya bergerak satu arah dari akar ke daun, cairan floem bergerak ke berbagai arah pada tanaman.

Tempat gula dihasilkan baik dari proses fotosintesis maupun hasil dari pemecahan molekul pati disebut sebagai sumber gula (*sugar source*).

Floem mengangkut gula dari sumber gula, seperti daun atau batang hijau ke bagian tanaman lainnya.

Tempat penerima gula, tempat gula disimpan atau dikonsumsi disebut sebagai *sugar sink*. Akar, ujung tunas, dan buah yang sedang tumbuh merupakan *sugar sink*. Demikian juga bagian batang yang tidak berfotosintesis, dan sel-sel

hidup pada batang pohon termasuk *sugar sink*.

Struktur-struktur penyimpan seperti akar tunggang tanaman bit gula, umbi kentang, umbi lapis tanaman lili merupakan *sugar sink* selama musim panas ketika tumbuhan menyimpan kelebihan gula.

Pada saat musim semi, ketika tanaman mulai tumbuh dan mengkonsumsi gula, akar bit gula, umbi kentang, umbi lapis, maupun struktur penyimpan lainnya menjadi sumber gula, dan transpor gula melalui floem terjadi dari bagian tersebut ke organ yang sedang tumbuh.

Jadi setiap tabung penghantar makanan dalam floem mempunyai ujung sumber gula (*sugar source*) dan ujung *sugar sink*, tetapi dapat berubah menurut musim atau tahap perkembangan tanaman.

Apa yang menyebabkan cairan floem mengalir dari *sugar source* ke *sugar sink*. Laju alirannya dapat mencapai 1 m/jam, terlalu besar jika dihitung berdasarkan proses difusi (dapat memerlukan waktu 8 tahun).

Mekanisme aliran massa merupakan hipotesis yang banyak diterima.

Aliran gula melalui floem bergerak dari *sugar source* ke *sugar sink*.

Pada bagian *sugar source* misalnya daun : gula diangkut masuk ke dalam tabung floem melalui transport aktif. Muatan gula pada ujung sumber (*sugar source*)

tersebut menaikkan konsentrasi larutan dalam tabung floem.

Konsentrasi larutan yang tinggi tersebut akan menarik air masuk ke dalam tabung secara difusi. Masuknya air tersebut meningkatkan tekanan air pada bagian *sugar source* di ujung floem.

Pada bagian *sugar sink*, misalnya akar tanaman bit gula, gula dan air meninggalkan tabung floem. Saat gula meninggalkan floem, air akan mengikutinya keluar melalui proses osmosis.

Keluarnya gula menurunkan konsentrasigula pada bagian ujung *sugar sink*. Keluarnya air menurunkan tekanan hidrostatik dalam tabung. Adanya tekanan air pada ujung pembuluh floem.

Kerja Ilmiah 2

1. Buatlah 2 (dua) model tanah berlereng dengan kemiringan yang sama pada sebuah mapan
2. Kemudian tanamilah satu model tersebut dengan rumput, sedangkan satunya lagi biarkan dalam keadaan tidak bervegetasi
3. Letakkan dalam tempat terbuka akan tetapi tidak terkena air hujan secara langsung
4. Seminggu kemudian (setelah rumput tumbuh), lakukan pengamatan dengan menyiramkan air dengan menggunakan sprayer tangan pada dua model tersebut

Gunakan sejumlah air yang sama banyaknya, hingga terjadi aliran air.

5. Amati yang terjadi pada kedua permukaan lereng

4.6. Evaluasi

Petunjuk: jawablah dengan benar

1. Apa perbedaan difusi dengan osmosis
2. Apa tujuan transpirasi bagi tanaman
3. Jelaskan mekanisme membuka dan menutupnya stomata, dan faktor apa saja yang mempengaruhinya
4. Jelaskan bagaiman mekanisme pengangkutan air dan hasil fotosintesa pada tanaman

BAB V

HARA TANAMAN DAN TANAH SEBAGAI PENYEDIA HARA

5.1. Hara Tanaman

Sampai saat ini telah diketahui lebih dari 100 unsur kimia. Dari lebih seratus ini hanya sekitar 17 yang merupakan hara esensial bagi tanaman.

Karbon, Hidrogen, dan Oksigen

Karbon merupakan rangka dari senyawa organik. Karbon diambil dari atmosfer dalam bentuk karbondioksida, yang biasa disebut fotosintesa. Peristiwa ini menghasilkan gula dan oksigen. Oksigen dibutuhkan dalam peristiwa respirasi.

Hidrogen bersama oksigen yang bergabung menjadi molekul air, merupakan molekul dalam jumlah terbesar dalam tubuh tanaman. Air dibutuhkan tanaman sebagai alat transportasi mineral maupun makanan tanaman, dan juga turut berperan dalam beberapa reaksi kimia dalam tubuh tanaman. Hidrogen juga merupakan molekul konstituen beberapa komponen penyusun sel tanaman.

5.1.1. Unsur hara esensial

Pertumbuhan tanaman tidak hanya dikontrol oleh faktor dalam (internal), tetapi juga ditentukan oleh faktor luar (eksternal). Salah

satu faktor eksternal tersebut adalah unsur hara esensial. Unsur hara esensial adalah unsur-unsur yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman. Apabila unsur tersebut tidak tersedia bagi tanaman maka tanaman akan menunjukkan gejala kekurangan unsur tersebut dan pertumbuhan tanaman akan merana.

Berdasarkan jumlah yang diperlukan kita mengenal adanya unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro diperlukan oleh tanaman dalam jumlah yang lebih besar (0.5-3% berat tubuh tanaman). Sedangkan unsur hara mikro diperlukan oleh tanaman dalam jumlah yang relatif kecil (beberapa ppm/ *part per million* dari berat keringnya).

Contoh:

Unsur N termasuk unsur hara makro. Unsur ini diperlukan oleh tanaman dalam jumlah 1-4 % berat kering tanaman. Unsur tersebut diperlukan oleh tanaman sebagai penyusun asam amino, protein, dan klorofil.

Apabila tanaman kekurangan unsur N akan menunjukkan gejala antara lain klorosis pada daun. Gejala kekurangan N pertama kali akan muncul pada daun tertua

Unsur Al tidak termasuk unsur hara esensial, sebab unsur ini meskipun jumlahnya banyak dalam tanah tetapi tidak diperlukan bagi pertumbuhan tanaman. Keberadaan unsur Al justru dapat bersifat racun bagi tanaman. Unsur ini dapat mengikat fosfat sehingga

menjadi tidak tersedia bagi tanaman.

Unsur Cu (cuprum) termasuk unsur hara mikro. Unsur ini diperlukan tanaman dalam jumlah yang relatif kecil (6 ppm). Jika jumlahnya banyak, Cu akan menjadi racun bagi tanaman, misalnya: Cu akan membunuh ganggang pada konsentrasi 1 ppm.

Unsur hara makro antara lain: C, H, O, N, P, K, S, Ca, dan Mg. Sedangkan yang termasuk unsur hara mikro adalah : Fe, B, Mn, Cu, Zn, Mo, dan Cl.

Beberapa unsur ada yang esensial bagi tanaman tertentu, misalnya Na, Si dan Co. sedangkan oksigen selain dalam bentuk CO_2 dan H_2O juga dapat diambil dalam bentuk O_2 , maupun senyawa lainnya.

Unsur C, H, dan O merupakan penyusun utama makromolekul, seperti: karbohidrat, lipid, protein dan asam nukleat. Setelah C, H, dan O, nitrogen merupakan unsur hara makro terpenting.

Nitrogen merupakan komponen dari asam-asam amino (juga protein), klorofil, koenzim dan asam nukleat. Nitrogen sering merupakan unsur pembatas pertumbuhan.

Walaupun gas nitrogen menyusun 78% atmosfer bumi, tumbuhan tidak dapat menggunakannya secara langsung. Gas N_2 tersebut harus difiksasi oleh bakteri menjadi amonia (NH_3).

Beberapa tumbuh-tumbuhan (seperti kacang tanah, kedelai, kapri, dan tumbuhan legume lainnya) bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium* spp.

Rhizobium ini dapat memfiksasi gas N_2 (yang terjerap dalam pori-pori tanah) dan mengkonversinya menjadi amonia.

Bakteri dari genus *Azotobacter*, yang hidup bebas dalam tanah, juga dapat melakukan fiksasi nitrogen.

Molekul NH_3 dengan segera mengikat ion H^+ membentuk ion NH_4^+ .

Jika bintil akar menghasilkan ion NH_4^+ melebihi yang diperlukan tanaman maka ion NH_4^+ akan dibebaskan ke dalam tanah dan dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan non legume, oleh bakteri nitrifikasi (spesies dari genus *Nitrobacter* dan *Nitrosomonas*) dapat diubah menjadi ion nitrat.

Tumbuhan dapat mengambil nitrogen dalam bentuk ion NH_4^+ maupun NO_3^- . Akan tetapi beberapa tumbuhan dapat juga mengabsorpsi sejumlah nitrogen dalam bentuk asam amino atau urea.

Beberapa tumbuhan pemakan serangga, misalnya: *Venus flytrap* (*Drosera* sp) dan kantong semar (*Nepenthes* sp.) dapat mencerna serangga menjadi asam amino untuk memenuhi kebutuhan nitrogennya.

5.1.1.1. Unsur hara makro

N, P, dan K merupakan tiga unsur utama dalam kehidupan tanaman.

Nitrogen diambil dalam bentuk nitrat (NO_3^-) atau amonium (NH_4^+).

Nitrogen digunakan tanaman dalam sintesa asam amino, yang merupakan bahan dasar pembentukan protein.

Sumber utama nitrogen adalah nitrogen bebas (N_2) di atmosfer, dan sumber lainnya senyawa-senyawa nitrogen yang tersimpan dalam tubuh jasad.

Nitrogen sangat jarang ditemukan menjadi komponen pelikan oleh karena perilakunya yang mudah larut dalam air.

Perilaku nitrogen inilah yang menjadikan endapan-endapan nitrogen yang relatif cukup banyak ditemui pada daerah beriklim kering dan itupun terbatas secara setempat.

Kandungan nitrogen tanaman rata-rata sekitar 2 sampai 4% atau terkadang dapat mencapai 6%. Protoplasma makhluk hidup juga mengandung protein.

Nitrogen juga dibutuhkan tanaman untuk beberapa komponen vital seperti klorofil, asam nukleat dan enzim.

Defisiensi nitrogen akan membatasi pembesaran dan pembelahan sel.

Gejala defisiensi berupa tanaman yang kerdil dan kuning akan terlihat, terutama pada bagian tanaman yang lebih tua.

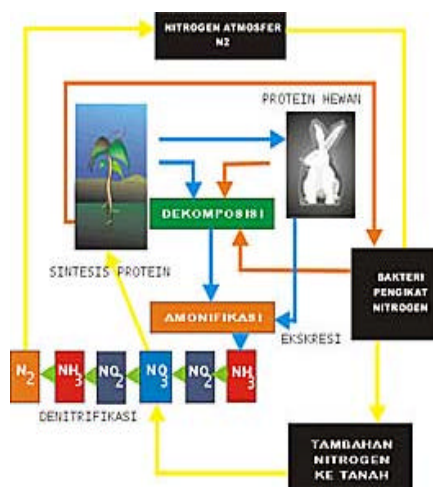
Berikut beberapa gejala kekurangan nitrogen pada tanaman yaitu:

- pertumbuhan lambat
- daun berwarna kuning (klorosis)
- nekrosis pada bagian ujung daun,

Nitrogen merupakan unsur mobil dalam tanaman, yaitu unsur dapat dipindahkan dari jaringan tua ke yang muda.

Gambar 14 dibawah menunjukkan peredaran hara nitrogen di alam.

Nitrogen dapat hilang ke atmosfer melalui denitrifikasi nitrat atau oleh volatilisasi amonia.

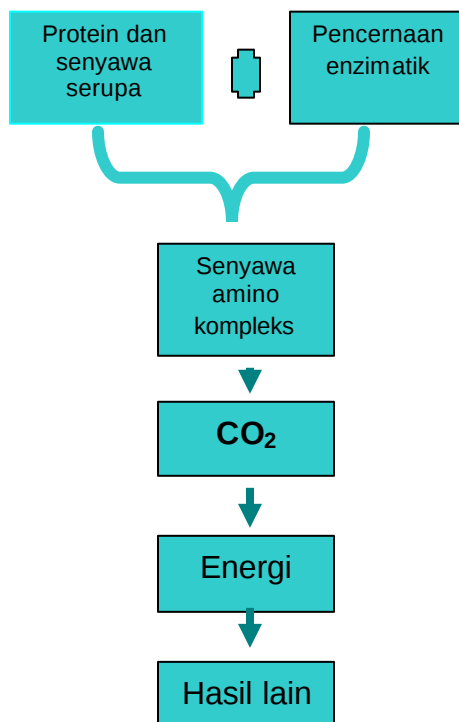


Gambar 14. Peredaran nitrogen

Senyawa nitrogen yang tertambat pada jasad hidup dan dilibatkan dalam kegiatan fisiologisnya, dikembalikan ke dalam peredaran nitrogen setelah mengalami *mineralisasi*.

Peruraian senyawa N-kompleks menjadi senyawa N-anorganik sederhana sehingga memungkinkan digunakan lagi dalam asimilasi jasad berlangsung dalam dalam beberapa tahapan yang melibatkan peranan berbagai macam jasad pengurai.

Perubahan bentuk senyawa N ini dapat dijelaskan pada Gambar 15 dibawah ini.



Gambar 15 . Perubahan bentuk senyawa nitrogen

Energi yang dibebaskan dari perubahan di atas akan digunakan oleh berbagai jasad tanah itu untuk melakukan kegiatannya termasuk melakukan perubahan senyawa N tahapan selanjutnya.

Proses perubahan bentuk senyawa N-organik kompleks menjadi senyawa N-organik lebih sederhana (asam amino) disebut *aminasi*.

Asam amino yang dibentuk melalui aminasi akan terus diserang untuk diuraikan dan dimanfaatkan oleh jasad renik sampai akhirnya akan membentuk amonim yang disebut *amonifikasi*.

N-amonium hasil amonifikasi ini akan digunakan oleh jasad renik tanah, diserap tanaman, atau ditambat oleh liat.

Tahapan selanjutnya adalah perubahan senyawa N-amonium menjadi senyawa nitrit (*nitrifikasi*).

Nitrifikasi merupakan suatu proses oksidasi enzimatik yang dilakukan sekelompok jasad renik dan berlangsung dalam dua tahap terkoordinasi.

Masing-masing tahapan dilakukan sekelompok jenis jasad renik, yang berbeda dari kelompok jasad renik yang bekerja pada tahap berikutnya.

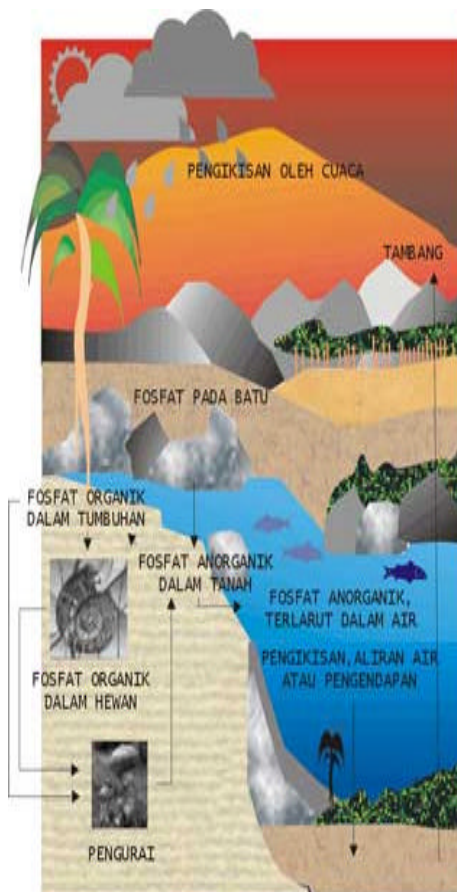
Pencucian nitrat , terutama pada tanah-tanah berpasir menyebabkan kurangnya N dari daerah perakaran tanaman.

Fosfor

Fosfor diambil tanaman dalam bentuk H_2PO_4^- dan $\text{HPO}_4^{=}$ bergantung pada pH tanah

Fosfor merupakan unsur yang sangat labil karena ketersediaannya dipengaruhi oleh pH.

Peredaran P di alam disajikan pada Gambar 16 dibawah ini.



Gambar 16. Peredaran hara posfat di alam

Posfor alam memasuki sistem tanah melalui penghancuran dan peruraian yang berjalan lambat oleh karena daya larutnya yang rendah.

Walaupun pembebasan P dari bentuk tidak larut batuan posfat dan bentuk lain sangat lambat, namun takaran P yang diangkut air sungai dan diendapkan di laut sangat besar.

Diperkirakan sekitar 3.5.juta ton P per tahun terangkut dan diendapkan di laut sebagai Kalsiumposfat yang sukar larut.

Hanya sebagian kecil P yang kembali ke tanah melalui guano yang dihasilkan burung laut dan oleh manusia melalui ikan yang dikonsumsi.

Hasil uraian P-alam berupa senyawa posfat yang berada dalam sistem tanah dengan berbagai jenjang kelarutan. Bentuk posfat ini akan dikonsumsi jasad hidup, dijerap liat tanah, bahan organik, kation Al, Fe, Mn, Ca, dan kation lain.

Posfat yang dikonsumsi akan dilibatkan dalam sintesis protoplasma dan kembali memasuki sistem tanah setelah diurai oleh bakteriposfat.

Pada pH rendah posfor terfiksasi oleh ion aluminium sedang pada pH tinggi terfiksasi oleh besi (Fe).

Oleh karenanya ketersediaan P selalu menjadi faktor pembatas untuk daerah hutan hujan tropis.

Beberapa faktor yang berperan dalam pengendalian ketersediaan hara posfor adalah:

1. pemupukan P
2. pelapukan bahan yang mengandung P
3. serapan akar
4. jasad renik
5. jerapan dan pencucian

Gejala kekurangan P pada tanaman memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Pertumbuhan lambat
2. Menguningnya daun (terutama pada daun tua)
3. Daun berwarna hijau gelap
4. Gugur daun
5. Berbuah sedikit dan perkembangan biji terhambat.

Ruang berpikir.

menurut pendapatmu apakah setiap tanaman yang dibudidayakan pada daerah tropis harus dilakukan pemupukan P



Gambar 17 Defisiensi Posfor pada daun anggur



Gambar 18 Defisiensi posfor pada tomat

Kalium

Kalium diambil tanaman dalam bentuk ion K^+ . Ion ini tidak disintesa menjadi komponen tertentu.

Tanah dapat mengandung lebih kurang 900-1400 pound per 1 m^3 tanah, akan tetapi 90-98% kalium ini terkonsentrasi pada mineral primer dan tidak tersedia bagi tanaman.

Sumber utama K berasal dari pelapukan mineral yang mengandung K.

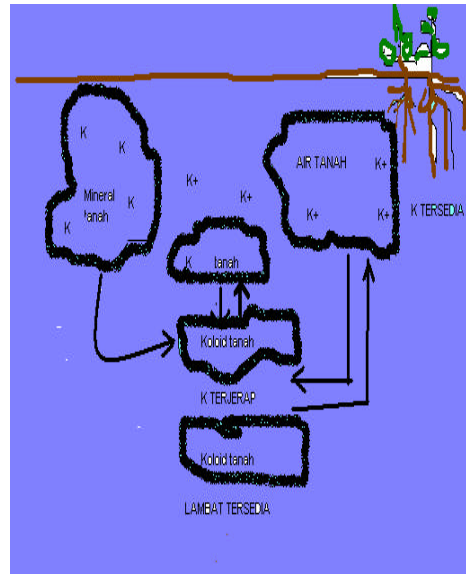
Kalium dalam tanah dapat dijumpai dalam 3 kemungkinan yaitu:

- secara kimi terikat dalam mineral primer tanah
- dapat dipertukarkan ataupun diabsorpsi
- dalam larutan tanah

Umumnya tanah yang kandungan tanah liatnya tinggi cenderung untuk mengandung kalium yang relatif tinggi juga, dibandingkan dengan tanah berpasir dan organik.

Hanya sekitar 1-10% dari total kalium yang terdapat dalam tanah dapat diambil tanaman, dan hanya 1 sampai 2% dari yang terkandung dalam tanah yang dapat dipertukarkan.

Gambar 19 berikut ini memperlihatkan beberapa bentuk kalium dalam tanah



Gambar 19. Ketersediaan K dalam tanah

Kalium merupakan bagian penting dalam translokasi gula dan pembentukan pati.

Kandungan Kalium pada sel tetangga juga berperan dalam mengatur membuka dan menutupnya stomata.

Pertumbuhan, perluasan dan ketahanan terhadap penyakit juga dipengaruhi oleh cukup tersedianya hara ini.

Peningkatan ukuran dan kualitas buah-buahan, kacang, dan sayuran juga dipengaruhi oleh ketersediaan yang cukup dari unsur ini.

Tanaman kentang, bit gula, ataupun wortel membutuhkan kalium yang cukup besar untuk membantu akumulasi karbohidrat dan translokasi asimilat keluar daun.

Pertumbuhan vegetatif pada tanaman sayuran seperti asparagus dan kol juga membutuhkan kalium dalam jumlah besar.

Gejala kekurangan kalium pada tanaman ditandai oleh:

1. Pertumbuhan lambat
2. Ujung daun mengalami nekrosis yang dimulai pada daun muda.
3. batang lemah
4. buah kecil kecil

Walaupun kalium penting untuk semua tanaman tingkat tinggi dan rendah akan tetapi hara ini bukan merupakan bagian penyusun tubuh tanaman.

Kalium tidak membentuk *ligand* (molekul organik kompleks) yang terutama berfungsi sebagai aktivator suatu enzim atau kofaktor dari sekitar 46 enzim.

Kalium disimpan dalam jumlah besar di vakuola.

Kalium juga berperam dalam membantu memelihara potensial osmotis dan pengambilan air, dan berpengaruh positif terhadap penutupan stomata. Tanaman yang cukup mengandung K hanya sedikit mengalami kekurangan air.

Kalium juga berfungsi menyeimbangkan muatan-muatan

anion dan mempengaruhi penyerapan dan transportasinya.

Beberapa hasil penelitian memperlihatkan bahwa tanaman yang cukup mengandung kalium dapat mengurangi berjangkitnya penyakit (misalnya *Verticillium* yang menyebabkan layu pada kapas) dan jatuh rebah pada tanaman.

Telah diketahui kalium berperan dalam fotosintesis karena secara langsung meningkatkan pertumbuhan dan indeks luas daun.

Tingkat kritis K dalam jaringan tumbuhan relatif tinggi, biasanya sekitar 1.0% atau 4 kali lipat lebih tinggi dibandingkan titik kritis posfor.

Hampir seluruh kalium diserap pada fase pertumbuhan vegetatif hanya sedikit yang ditrasfer ke buah atau biji.

Tanaman juga membutuhkan kalsium, magnesium, dan sulfur untuk pertumbuhan dan perkembangannya.

Gambar 20, dan 21 dibawah ini memperlihatkan gejala kekurangan kalium pada paprika, dan daun labu.



Gambar 20 Gejala kekurangan kalium pada paprika



Gambar 21. Gejala kekurangan kalium pada daun labu

Kalsium

Umumnya tanah-tanah mineral banyak mengandung kalsium, karena mineral yang mengandung unsur ini pada kerak bumi cukup

banyak misalnya apatit ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), kalsit (CaCO_3), dan dolomit ($\text{CaCO}_3, \text{MgCO}_3$).

Kalsium merupakan unsur esensial yang paling tidak bergerak. Pengambilan dan transpor terjadi secara pasif.

Dibandingkan dengan ion-ion lain hanya sedikit ataupun tidak ada pengangkutan di dalam floem. Status kalsium dalam tanah berhubungan dengan pH yang pengaruhnya lebih besar dibandingkan dengan pengaruh ketersediaannya.

Kalsium diambil tanaman dalam bentuk ion Ca^{++} . Senyawa ini merupakan bagian esensial dari dinding sel.

Kalsium disimpan pada jaringan tanaman dan tidak dapat diremobilisasi.

Kacang tanah membutuhkan kalsium yang tinggi untuk perkembangan polongnya.

Pengaplikasian unsur ini melalui daun sering digunakan petani untuk mengurangi bercak-bercak hitam pada buah-buahan.

Gejala defisiensi Kalsium pertama sekali terlihat pada daun-daun muda, sebagian daun akan berubah bentuk dan mengalami klorosis, sedangkan pada organ yang lebih tua jarang teramati gejala defisiensi. Hasil ini memperlihatkan bahwa kalsium tidak didistribusikan ke bagian yang lebih muda.



Gambar 22 Buah apel yang mengalami kekurangan kalsium

Gambar 22 diatas memperlihatkan buah apel yang kekurangan kalsium kulit buahnya lembek pada beberapa bagian buah dan kemudian membusuk. Oleh karenanya jika dalam pertumbuhan buah kekurangan hara kalsium ini buah akan busuk.

Secara umum ciri-ciri gejala defisiensi kalsium adalah:

1. Tip burn pada daun muda
2. Matinya titik tumbuh pada batang juga akar
3. Gejala abnormal dari daun (berwarna lebih gelap)
4. Mati pucuk
5. Batang lemah
6. Buah busuk



Gambar 23 mengeringnya buah tomat akibat kekurangan kalsium

Magnesium

Magnesium tanah berasal dari pelapukan mineral primer (yaitu biotit, serpentin, hornblende, dolomit, dan olivin).

Seperti kation yang lain tanaman mengambil magnesium dalam bentuk ion Mg^{++} .

Klorofil yang merupakan pabrik berlangsungnya fotosintesis mengandung magnesium sebagai intinya.

Unsur ini bersifat mobil dan merupakan aktivator beberapa enzim.

Pengambilan magnesium dilakukan secara aktif dan pasif. Transpor terutama terjadi di dalam aliran tranpirasi.



Gambar 24 Daun jeruk yang mengalami defisiensi magnesium

Dibandingkan dengan kalsium, maka magnesium lebih aktif bergerak, dan dari beberapa penelitian diketahui bahwa unsur ini banyak terdapat pada pembuluh floem (transpor aktif).

Gejala defisiensi magnesium:

1. Menguningnya tulang daun tertama pada daun tua
2. Keriting pada tepi daun
3. Kuning sepanjang tulang daun.

5.1.1.2. Unsur Hara Mikro

Mikronutrien dibutuhkan tanaman dalam jumlah kecil. Yang termasuk kedalam kelompok mikronutrien ini adalah zinkum, besi, mangan, kuprum, boron, molibdenum, klor dan nikel.

Zinkum

Gejala kekurangan

1. Menurunnya pertumbuhan, batang menjadi berbentuk roset
2. Terhalangnya pembentukan buah
3. Klorosis pada intervenal daun
4. Dieback

Besi

Besi menyusun sekitar 5% dari kerak bumi dan umumnya dijumpai dalam tanah. Besi berasal dari mineral primer ferro-magnesium silikat.

Pada tanah yang drainasenya jelek bentuk besi tereduksi (ferro= Fe^{2+}) meningkat, bahkan sampai ketinggian beracun.

Kondisi inilah yang perlu menjadi pertimbangan sistem pengairan pada budidaya padi sawah.

Diambil tanaman dalam bentuk ion Fe^{++} , dan dibutuhkan untuk pembentukan klorofil. Defisiensi Fe dapat terjadi pada tanah yang mempunyai pH tinggi.

Gejala kekurangan unsur ini pada tanaman adalah:

1. Klorosis pada interveinal
2. Dalam beberapa kasus ranting mati



Gambar 25 Defisiensi besi pada daun bunga rose

Pada Gambar 25 dapat dilihat bahwa gejala kekurangan besi ini akan mengakibatkan daun tanaman menguning, karena gagalnya membentuk butir hijau daun.



Gambar 26 Defisiensi besi pada rerumputan



Gambar 27 Defisiensi besi pada daun jeruk

Pada Gambar 27 dapat dilihat menguningnya daun jeruk pada daun nomor 2 dan 3 sebagai akibat kekurangan besi.

Mangan

Mangan merupakan aktivator beberapa enzim, dan juga berperan dalam pembentukan klorofil.

Mangan juga mengaktifkan asam indolasetat oksidase (IAA) dalam jaringan tanaman seperti Fe.

Mn juga relatif tidak bergerak dan teristimewa ditranslokasikan ke jaringan muda atau meristematik.

Gejala kekurangan:

1. Klorosis pada daun muda
2. Penguningan secara gradasi



Gambar 28 Gejala defisiensi mangan

Kuprum

Merupakan aktivator dari beberapa enzim, dan memegang peranan penting pada produksi vitamin A.

Gejala kekurangan hara cuprum adalah:

1. pertumbuhan kerdil
2. mati pada pucuk terminal
3. hipo pikmentasi
4. mati dan keriting pada ujung daun

Boron

Boron terdapat dalam tanah pada tingkatan yang sangat rendah sebagai asam borat (HBO_3) dan diabsorpsi oleh partikel tanah sebagai borat

Pengambilan B diperkirakan sebagai asam borat yang tidak

berdissosiasi, tampaknya terutama pasif melalui aliran transpirasi.



Gambar 29 Gejala defisiensi boron pada daun anggur



Gambar 30 Gejala toksisitas boron pada daun tomat

Boron mempengaruhi perkembangan sel dan mengendalikan transpor gula dan pembentukan polisakarida.

Fungsi lainnya selalu dikaitkan dengan sisi aktif fosforilasi untuk menghambat pembentukan pati yang mencegah polimerisasi gula.

Dari beberapa hasil penelitian boron merupakan unsur tidak mobil.

Gejala kekurangan:

1. Matinya pucuk
2. Klorosis pada daun
3. Bintik kuning pada buah atau umbi
4. menurunnya pembungaan atau kegagalan polinasi

Molibdenum

Molibdenum diabsorpsi tanaman dalam bentuk ion molibdat atau MoO_4^{2-} .

Ion ini digunakan dalam proses transformasi senyawa nitrogen. Perubahan nitrogen nitrat kedalam asam amino dilakukan oleh enzim nitrat reduktase yang pembentukannya membutuhkan molibdenum.

Konsentrasi yang tinggi dari unsur ini pada pakan ternak dapat menyebabkan keracunan ternak.



Gambar 31 Gejala defisiensi molibdenum

Gejala kekurangan molibdenum hampir sama dengan gejala kekurangan nitrogen, hal ini disebabkan hara molibdenum ini berfungsi sebagai transfer/pembentukan senyawa N (Gambar 31).

Gagalnya pembentukan senyawa N pada tanaman yang kekurangan Mo, menyebabkan terhambatnya pertumbuhan vegetatif tanaman tanaman menjadi kerdil.

Gejala kekurangan molibdenum adalah sebagai berikut:

1. Pertumbuhan terhambat, pada tanaman kekurangannya selalu memberikan indikasi kekurangan hara N, sebab ion ini berperan dalam proses konversi dan pembentukan senyawa N.
2. Menggulungnya daun
3. Gugurnya bakal bunga
4. Bintik kuning pada jeruk

Klor

Klor diambil tanaman dalam bentuk ion klorida (ion Cl^-). Ion ini dibutuhkan dalam reaksi fotosintesis dan pengaturan potensial turgor sel tanaman.

Umumnya gejala defisiensi Cl jarang terjadi pada tanaman, yang umum adalah gejala toksisitas.

Nikel

Nikel diabsorpsi tanaman dalam bentuk kation divalen (Ni^{++}). Nikel merupakan bagian dari enzim urease, yang berperan dalam konversi amonia urea jaringan tanaman, oleh karenanya ion ini dibutuhkan dalam proses metabolisme nitrogen.

Nikel dibutuhkan tanaman dalam jumlah relatif sedikit. Konsentrasi kritis pada tanaman sekitar 0.1 ppm.

Gejala defisiensi adalah:

- Klorosis pada daun muda
- Matinya titik tumbuh



Gambar 32 Daun yang mengalami keracunan klor

5.1. 2.Keseimbangan hara

Keseimbangan hara untuk pertumbuhan optimum tanaman. Kelebihan dan kekurangan menyebabkan efek negatif pada tanaman.

Misalnya kelebihan magnesium pada tanah dapat menghambat pengambilan kalium.

Rendahnya pemberian fosfor dapat menginduksi defisiensi zinkum.

Pemeliharaan keseimbangan hara dalam tanah merupakan faktor penting dari tujuan perbaikan pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Manajemen hara menjadikan tidak budidaya tanaman menjadi lebih ekonomis, efisiensi, dan tidak merusak lingkungan.

5.1.3. Analisis kebutuhan hara

Gejala keracunan dari pemberian pupuk maupun pestisida dapat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan perakaran tanaman. Untuk menghindari kesalahan dalam aplikasi pemberian kedua bahan kimia tersebut dibutuhkan analisa seberapa besar kebutuhan satu unsur yang mendukung pertumbuhan tanaman.

Analisa kesuburan tanah dan analisa daun selalu digunakan untuk memverifikasi defisiensi hara atau gejala keracunan.

Analisis ini merupakan alternatif terbaik dalam memprediksi kebutuhan hara tanaman sebelum tanaman mengalami cekaman (toksisitas) ataupun defisiensi.

Analisis tanah dan jaringan tanam keduanya akan memberikan alternatif untuk mengatasi kendala keterbatasan media tumbuh tanaman. Informasi yang lengkap ini akan mengurangi kegagalan panen pada budidaya yang dilakukan.

Analisis jaringan tanaman akan memberikan informasi status hara pada tanah dan tanaman.

Keberhasilan dari analisa tanah dan jaringan tanaman sangat tergantung pada:

1. Metode pengumpulan dan sampel yang representatif
2. Analisis yang akurat
3. Kebenaran interpretasi hasil analisis

5.1.3.1. Analisis tanah

Gambar 33 dibawah ini diberikan tahapan dari proses analisis tanah

Diawali dengan proses pengambilan sampel tanah yang mewakili.

Tanah yang diambil adalah tanah yang akan digunakan sebagai media tumbuh tanaman. Untuk akurasi umumnya dibutuhkan lebih kurang setengah

kilogram tanah per satu titik sampel.



Gambar 33 Tahapan proses analisis tanah

Tanah yang diambil bersifat heterogen, tidak tertumpu pada satu bagian saja dari hamparan tanah yang tersedia.

Untuk menghasilkan data yang akurat umumnya dibutuhkan lebih kurang 20 titik sampel per satu hektar lahan.

Kemudian 10 sampel tanah dijadikan satu dan sepuluh lainnya pada kelompok kedua.

Perlu diketahui hasil analisis tanah ini tidak mengukur hara yang tersedia untuk tanaman akan tetapi merupakan indeks dari sejumlah hara dalam tanah

5.1.1.2. Analisis jaringan tanaman

Analisis tanaman dimulai dengan melakukan pengumpulan sampel yang mewakili.

Pengelompokan sampel tanaman dilakukan berdasarkan spesies, fase pertumbuhan tanaman, dan dalam bentuk apa ion hara yang akan diamati

Untuk lebih jelasnya prosedur kerja dari analisis tanaman dapat diperhatikan Gambar 34 dibawah ini.



Gambar 34 Tahapan proses analisis jaringan tanaman

Umumnya kandungan hara dalam tanaman berfluktuasi sejalan dengan fase pertumbuhannya.

Kandungan hara lebih kecil pada tanaman yang tua, dan bervariasi diantara bagian-bagian tanaman.

Misalnya jaringan reproduksi umumnya memiliki konsentrasi posfor yang lebih tinggi dibandingkan dengan jaringan vegetatif.

Analisis jaringan sangat menolong kita untuk lebih memahami kondisi pertanaman kita.

Sampel yang diambil merupakan sampel yang berasal dari dua areal yang berbeda, satu areal dimana tanaman dapat tumbuh normal dan satu lagi pada daerah yang mengalami gejala

5.2. Tanah sebagai Penyedia Hara

Media pertumbuhan tanaman yang umum adalah tanah, tanah mengandung mineral kompleks yang berasal dari dekomposisi bahan induk tanah dan bahan organik.

Ada 4 komponen penting dari tanah yaitu:

1. bahan mineral tanah
2. bahan organik
3. air tanah
4. udara tanah

Kombinasi keempat faktor akan menghasilkan jenis tanah yang berbeda. Komposisi yang paling baik dari tanah adalah dengan perbandingan yang cukup seimbang diantara keempat komponen.

5.2.1. Proses pembentukan tanah

Perkembangan pembentukan tanah merupakan proses

gabungan antara proses fisika dan kimia serta diikuti aktivitas biologi untuk merombak bahan induk tanah.

Faktor yang mempengaruhi pembentukan tanah adalah:

1. Bahan induk tanah

Tanah terbentuk dari pecahan-pecahan batuan induk yang berlangsung terus menerus akibat faktor-faktor lingkungan.

Pecahan bahan induk tersebut berlangsung akibat pelapukan dan penghancuran melalui proses fisika, kimia, dan biologi.

Pelapukan kimia meliputi perubahan kimia dari bahan induk melalui berbagai proses oksidasi, hidrolisa, karbonisasi dan sebagainya. Proses biologi berlangsung akibat eksudat-ksudat mikroba tanah dan akar tanaman serta manusia dengan berbagai aktivitasnya.

Kandungan hara yang dikandung tanah tergantung dari bahan induk tanahnya.

2. iklim.

Temperatur dan kelembaban tanah adalah dua faktor utama dalam proses pembentukan tanah.

Kinetika reaksi kimia tanah dipengaruhi oleh temperatur. Perubahan temperatur akan berpengaruh terhadap kandungan kelembaban tanah.

Hubungan suhu dengan kelembaban tanah ini berbanding terbalik, yang artinya semakin tinggi suhu maka kelembaban tanah semakin rendah.

Laju reaksi kimia tanah dapat meningkat sebesar 2 sampai 3 kali lipat jika suhu naik sebesar 10°C.

Karena dekomposisi hanya aktif jika tersedia air, maka tanah dengan curah hujan tinggi akan mengalami laju dekomposisi yang cepat juga. Intensitas curah hujan yang tinggi ini juga akan mengakibatkan pencucian hara yang telah terdekomposisi tadi. Pada daerah tropis dengan curah hujan dan suhu yang tinggi menjadikan tanah-tanah daerah ini berwarna *merah kekuningan* sebagai ciri tanah yang banyak mengandung mineral besi oksida.

3. Makhluk hidup

Aktivitas mikro/makro flora dan fauna tanah mempengaruhi proses pembentukan tanah.

Organisme makro flora dan fauna lebih mempengaruhi proses pembentukan tanah melalui rekasi mekanis, sedang organisme mikro lebih berperan pada peristiwa kimia dan biologi.

Mikro flora dan fauna tanah terjalin menjadi satu sehingga sukar dibedakan penguraian yang dilakukan oleh fauna maupun flora tanah.

Akan tetapi yang perlu diingat adalah makhluk hidup ini berperan dalam proses pembentukan tanah.

4. Topografi

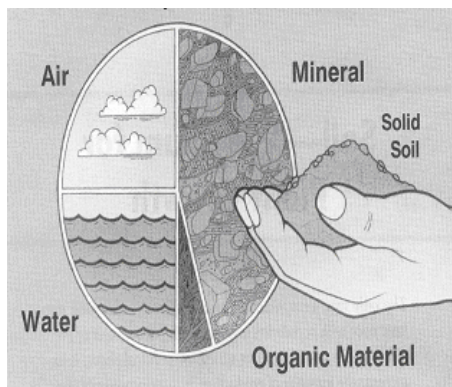
Pada tanah miring atau tanah yang agak kedap air, sejumlah besar air yang jatuh diatasnya hilang karena aliran permukaan.

Hal ini akan mengakibatkan dua hal yaitu (1) kehilangan air yang seharusnya masuk ke dalam tanah dan (2) hilangnya tanah akibat aliran air yang terlalu cepat.

Ketidaktersediaan air pada tanah dengan topografi miring ini akan menghambat proses fisis, kimia, dan biologi pembentukan tanah.

5. Waktu

Karena proses pembentukan tanah ini berlangsung lambat, maka dibutuhkan sekitar seratus atau seribu tahun untuk pembentukan tanah dari bahan induknya.



Gambar 35 Perbandingan volumetrik dari komposisi tanah

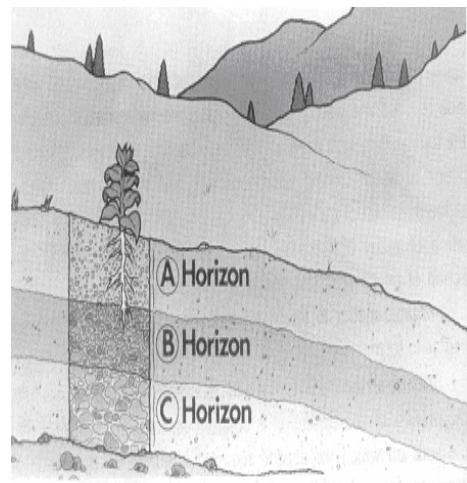
5.2.2. Profil tanah

Irisan melintang dari tanah disebut profil tanah. Penampang lintang tanah dapat kita lihat dari gambar dibawah ini.

Horizon A adalah bagian permukaan tanah yang paling dipengaruhi oleh aktivitas makhluk hidup dan iklim

Horizon B merupakan horizon akumulasi dari beberapa material hasil pencucian dari horizon A. Akumulasi ini disebut juga illuviation.

Bahan induk (Horizon C), merupakan lapisan terakhir.



Gambar 36 Penampang melintang tanah

Faktor iklim merupakan faktor yang paling menentukan dalam perkembangan profil tanah, oleh karenanya karakteristik umum suatu tanah sangat tergantung pada perubahan kondisi iklimnya.

Profil tanah merupakan bagian penting bagi pertumbuhan tanaman.

Kedalaman, tekstur dan struktur tanah serta sifat kimia merupakan syarat mutlak bagi media tumbuh tanaman

5.2.3. Tekstur dan Struktur Tanah

Tanah terdiri dari partikel-partikel dengan beberapa ukuran.

Partikel mineral dibagi atas tiga kelompok yaitu:

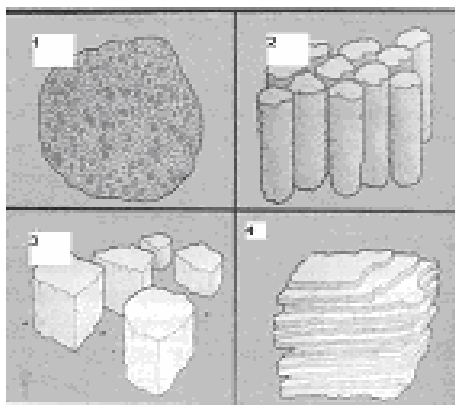
- a. lempung
- b. liat
- c. pasir.

Struktur tanah

Partikel-partikel tanah dapat dipisahkan lagi menjadi agregat-agregat tanah, group, atau kelompok.

Ada 4 tipe agregat tanah, yaitu:

- granular
- prismatic
- balok,
- lempeng.



Gambar 37 Tipe agregat tanah

Pada Gambar 37 memperlihatkan 4 tipe agregat tanah yaitu granular (no 1), balok (no.2) prismatic (no.3), dan lempeng (no.4)

5.2.4. Kimia Tanah

5.2.4.1. Reaksi tanah

Reaksi tanah digolongkan menjadi dua yaitu reaksi netral, alkalin, dan masam. Reaksi tanah mempengaruhi ketersediaan hara dan adanya unsur-unsur yang beracun.

Reaksi tanah yang banyak mengandung ion H^+ dari pada OH^- lebih bersifat masam, kebalikannya dapat terjadi yaitu jumlah ion OH^- lebih banyak dan disebut reaksi alkalin. Jika konsentrasi ion H^+ dan ion OH^- sama maka reaksi tanahnya netral.

Suatu tanah dikatakan masam jika pH kurang dari 7, netral bila pH sama dengan 7, dan alkalin (basa) jika pH lebih dari 7.

Dalam budidaya tanaman pengetahuan mengenai adanya unsur yang beracun lebih penting dibandingkan dengan ketersediaan hara itu sendiri, karena umumnya tanaman lebih beradaptasi dengan kondisi keterbatasan hara dari pada efek beracun dari hara tersebut.

Tanah masam dicirikan oleh tingginya konsentrasi ion H^+ . Keberadaan ion hidrogen dalam larutan tanah akan mempengaruhi serapan hara dan pengaruh tidak

langsungnya terhadap ketersediaan hara.

Beberapa unsur hara berkurang bila pH dinaikkan misalnya besi, mangan dan seng, sedangkan molibdenum berkurang ketersediaannya jika pH diturunkan.

5.2.4.2. Kapasitas tukar kation tanah

Kapasitas tukar kation mencerminkan berapa banyaknya kation yang dapat dipertukarkan pada kompleks absorpsi tanah.

Jumlah bahan organik, tipe tanah, dan jumlah mineral liat, menentukan kapasitas tukar kation pada kompleks absorpsi

Pertukaran kation dalam tanah merupakan bagian penting dalam proses masuknya hara ke dalam tubuh tanaman.

Kemampuan nilai tukar kation yang tinggi mencerminkan nilai kesuburan tanah.

Perbandingan antara basa-basa dengan kapasitas tukar kation yang dinyatakan dalam persen (%) disebut dengan kejenuhan basa.

Secara skematik perbandingan antara basa-basa dengan kapasitas tukar kation seperti dibawah ini.

Semakin tinggi kejenuhan basa berarti semakin tinggi kapasitas tukar kation dan semakin rendah jumlah ion H^+ yang ada di kompleks tanah.

$$\text{KEJENUHAN BASA} = \frac{\text{me } (Ca + Mg + K + Na) / 100g}{\text{me NTK total} / 100g} \times 100\%$$

Kapasitas tukar kation merupakan indikator penting dari pengujian kesuburan dan potensial produktivitas tanah.

Kapasitas tukar kation mencerminkan berapa banyaknya kation yang dapat dipertukarkan pada kompleks absorpsi tanah

Partikel liat dan bahan organik tanah merupakan permukaan mineral liat tanah yang mengikat ion

Jumlah bahan organik, tipe tanah, dan jumlah mineral liat menentukan kapasitas tukar kation pada kompleks absorpsi dan akan mempengaruhi pergerakan hara dari tanah ke akar tanaman.

Semakin tinggi kapasitas tukar kation semakin tinggi kemampuan kompleks absorpsi tanah untuk mengikat kation-kation.

Kemampuan nilai tukar kation yang tinggi mencerminkan nilai kesuburan tanah.

Kation-kation yang memegang peranan penting adalah kalsium, magnesium, kalium, natrium, amonium dan hidrogen. Empat kation ini (Ca, Mg, K, dan Na) merupakan nutrisi penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Faktor yang mempengaruhi kapasitas tukar kation adalah *tekstur tanah*.

Makin halus tekstur tanah makin tinggi KTK nya. Pasir dan lempung berpasir sedikit mengandung liat koloid dan juga miskin bahan organik dan humus, sebaliknya tanah bertekstur halus mengandung lebih banyak liat dan juga humus. Dengan demikian tanah halus ini mempunyai KTK lebih tinggi dibandingkan tanah pasir.

Nilai tukar kation tanah terdapat didalam fraksi liat dan fraksi bahan organisme. Liat merupakan misel yang bermuatan negatif dan pengikatan kation tidak mantap seperti kation H^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , dan Na^+ .

Derajat kejenuhan koloidal misel tanah merupakan ukuran penting bagi kesuburan tanah.

Pertukaran kation merupakan reaksi yang terjadi pada bidang jerap tanah dengan ilustrasi gambar 37 berikut.

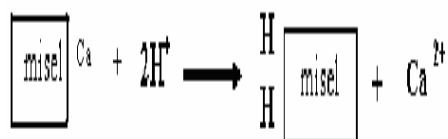
Sebagai ilustrasi kita ambil contoh tanah mineral dengan Ca terjerap. Tanah dalam keadaan optimum air dan suhunya. Di dalam tanah terdapat asam karbonat dan organik yang berasal dari perombakan makhluk hidup.

Melalui reaksi hidrolisa senyawa asam tadi diuraikan menjadi H^+ dan sisa asam $^-$.

Ion hidrogen yang terbentuk bekerja untuk menggantikan ion kalsium yang berada pada kompleks jerapan tanah.

Pertukaran ini terjadi disebabkan oleh aksi massa dan karena ion hidrogen diikat lebih kuat oleh kompleks jerapan tanah dibandingkan dengan kalsium.

Reaksi tersebut dapat dilukiskan melalui reaksi sederhana dibawah ini.



Reaksi ini berlangsung secara ekivalen

Jika ion H dalam larutan tanah menurun sedangkan ion Ca mengalami peningkatan (sebagai akibat dari pengapuran) reaksi akan beralih ke kiri.

Sebaliknya jika ion hidrogen bertambah, sedangkan ion kalsium berkurang, maka reaksi akan ke kanan.

Tanah sangat dinamik, sehingga reaksi kesetimbangan akan selalu terjadi dalam tanah sesuai perubahan keadaan.

Pada daerah yang curah hujan tinggi, ion hidrogen banyak memasuki kompleks jerapan tanah, sedangkan ion kalsium keluar dari kompleks tersebut, masuk ke dalam larutan tanah.

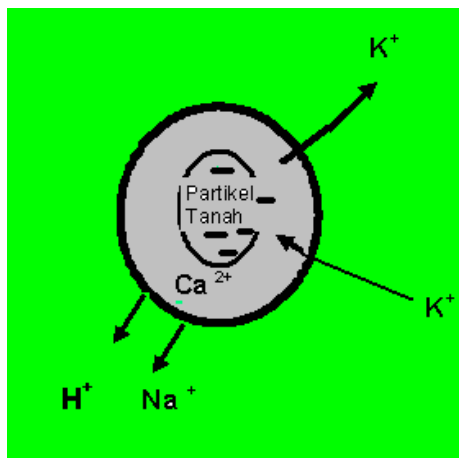
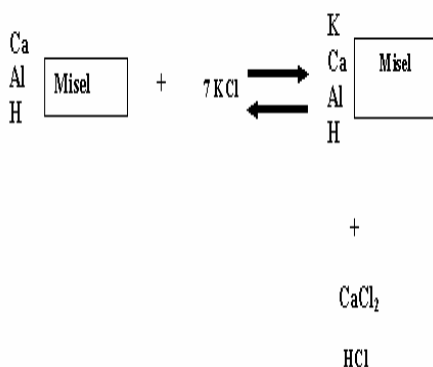
Reaksi pertukaran kation diatas melukiskan pertukaran kation yang terjadi dalam tanah daerah humid.

Curah hujan yang tinggi akan mengakibatkan tercucinya ion yang dibutuhkan tanam.

Pengapuran dan pemupukan akan membuat kesetimbangan reaksi akan berbalik arah, yang mengakibatkan lebih sedikit ion hidrogen yang berada pada jerapan tanah dan terjadi kenaikan pH.

Kalium yang berasal dari pupuk yang kemudian terjerap merupakan unsur hara yang tersedia bagi tanaman.

Oleh karenanya pertukaran kation ini berguna bagi penyediaan unsur hara bagi tanaman.



Gambar 38 Ilustrasi skematik dari pertukaran kation antara permukaan negatif dari partikel liat dan larutan tanah

5.3. Bahan organik tanah

Bahan organik tanah adalah komponen utama dalam penentuan tinggi rendahnya produktivitas dan kesuburan tanah.

Kandungan bahan organik berkisar antara 20 sampai 30 persen, bergantung pada tekstur dan fraksi mineral tanah.

Kurangnya bahan organik akan mengurangi kation-kation yang dapat dipertukarkan oleh karena itu kesuburannya rendah. Beberapa manfaat dari bahan organik tanah adalah:

1. menjaga kestabilan agregat tanah
2. Meningkatkan ketersediaan tata udara dan infiltrasi

3. Meningkatkan kapasitas daya ikat tanah terhadap air
4. Sebagai buffer dalam perubahan pH tanah
5. Menyediakan berbagai sumber hara makro dan mikro untuk kebutuhan tanaman
6. Menyediakan bahan makanan untuk mikroorganisme tanah.

Bahan organik tanah berasal dari residu tubuh tumbuhan dan hewan yang telah mengalami berbagai proses perombakan. Perombakan ini akan menghasilkan tiga komponen utama yaitu polisakarida, lignin dan protein.

Polisakarida terdiri dari selulosa, hemiselulosa, gula, pati dan pektin. Lignin adalah kompleks material yang berasal dari jaringan kayu tumbuhan.

Senyawa-senyawa yang terdapat dalam tumbuhan dapat diklasifikasikan menurut tingkat mudah tidaknya senyawa tersebut didekomposisikan. Pembagian tersebut tertera pada Tabel 1 dibawah ini.

Diantara senyawa-senyawa tersebut diatas protein kasar merupakan senyawa yang paling kompleks karena mengandung karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, fosfor, besi, belerang dan beberapa unsur lainnya.

Tabel 1. Tingkatan mudah tidaknya jaringan organisme didekomposisi

Senyawa organik	Total persentase bahan organik	Laju dekomposisi
gula, pati, protein sederhana	1-5	Cepat  Sangat lambat
protein kasar	5-20	
Hemi selulosa	10-25	
selulosa	30-50	
Lignin, lemak, lilin	10-30	

5.4. Evaluasi

1. Sebutkan 15 unsur esensial yang dibutuhkan tanaman
2. Mengapa pemupukan yang dilakukan pada tanaman dilakukan pada akhir musim hujan atau pada awal musim kemarau
3. Gejala kekurangan kalsium selalu kelihatan pada daun muda, jeleskan jawabanmu

4. Usaha apa yang perlu dilakukan untuk mengatasi fluktuasi suhu tanah yang relatif tinggi
5. Pemupukan yang melebihi dosis akan mengakibatkan menguningnya daun tanaman, mengapa dapat terjadi demikian

BAB VI PUPUK DAN PENGELOLAAN PUPUK

6.1. Pengenalan pupuk

Penggunaan pupuk pada tanah pertanian dimulai bersamaan dengan sejarah pertanian itu sendiri.

Penggunaan senyawa-senyawa kimia untuk memperoleh pertumbuhan tanaman yang baik baru dimulai kurang lebih seratus tahun yang lalu. Namun sekarang senyawa-senyawa kimia tersebut merupakan keharusan ekonomi bagi kebanyakan tanah.

Kaidah yang harus dipatuhi dalam aplikasi pupuk

Penggunaan senyawa kimia ini dalam meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan harus dilakukan mengikuti kaedah kesehatan dan keselamatan kerja.

Bahaya bahan kimia yang terkandung dalam pupuk sebenarnya tergantung dari si pemakainya. Bila pemakai nya menggunakan secara baik, tepat dan benar tentu saja tidak berbahaya. Dan sebaliknya, penggunaan dosis yang berlebihan tanpa pertimbangan disertai aplikasi yang tidak memberikan perlindungan telah memperpanjang sisi negatif pupuk itu sendiri. Tidak sedikit kasus yang terjadi pada petani seperti sesak nafas, gangguan pencernaan, keracunan dan berbagai kasus lainnya. Disadari atau tidak, pengetahuan

yang minim dari pemakai pupuk yang mengandung amonia (NH_3^+) dalam hal ini para petani secara langsung maupun tidak membuat aplikasi pupuk amonia menjadi membahayakan dan memberikan efek samping bagi penggunaanya. Padahal bila kita melakukan aplikasi sesuai prosedur menurut dosis, takaran dan petunjuk, maka kasus-kasus tersebut dapat diminimalisir.

Hal-hal yang perlu diperhatikan sebelum menggunakan pupuk adalah:

1. Kenali sifat bahan kimia yang terkandung didalam pupuk tersebut
2. tingkat kadar racun pada setiap pupuk berbeda dari yang paling rendah hingga paling tinggi. Tinggi rendahnya racun bisa dilihat dari etiket yang tertera di label kemasan pupuk.
3. Sebagai bahan kimia, racun tersebut dapat masuk kedalam tubuh manusia melalui 3 cara yaitu melalui kulit, mulut dan paru-paru. Untuk itulah setiap pengguna pestisida wajib menggunakan topeng muka, masker hidung, sarung tangan, celemek dan sepatu boot karet agar pestisida tersebut tidak masuk ke tubuh kita

6.1.1. Unsur-unsur pupuk

Untuk pertumbuhan yang normal tanaman sedikitnya membutuhkan 16 unsur hara esensial yakni C, H, O, yang diperoleh tanaman dari air dan udara, unsur hara makro

N,P,K,Ca, Mg, S dan unsur mikro Fe, Zn, Mn, Cu, Cl, B, dan Mo.

Hara Ca dan Mg diberikan tanaman dalam bentuk kapur, walaupun tidak dianggap pupuk kapur mempunyai peranan penting sebagai sumber hara Ca dan Mg.

Selain itu kapur mempunyai fungsi utama yakni dapat menaikkan pH tanah-tanah yang bereaksi masam, meningkatkan ketersediaan P dan mencegah keracunan besi dan aluminium.

Unsur belerang banyak dijumpai dalam bentuk pupuk buatan, sehingga pemupukan belerang jarang dilakukan, hal ini bukan berarti belerang tidak penting untuk pertumbuhan tanaman.

Belerang dijumpai dalam berbagai pupuk dan pengaruhnya dianggap penting. Akan tetapi secara hara ia tidak kritis, oleh karena itu sering tidak dianggap begitu penting.

Kecuali unsur hara mikro, tinggal tiga unsur nitrogen, posfor dan kalium, dan karena ketiga unsur ini sering ditambahkan sebagai pupuk, maka sering disebut sebagai unsur pupuk

6.1.2. Klasifikasi pupuk

Untuk mengenal dan mengetahui sifat-sifat, jenis dan macam pupuk perlu dilakukan penggolongan atau klasifikasi pupuk dengan dasar yang berbeda-beda.

- Berdasarkan sumbernya atau terjadinya pupuk, pupuk

diklasifikasikan menjadi pupuk alam dan pupuk buatan

- Berdasarkan senyawa kimianya pupuk diklasifikasikan menjadi pupuk organik dan pupuk anorganik
- Berdasarkan kandungan arañilla pupuk diklasifikasikan menjadi pupuk tunggal dan pupuk majemuk
- Berdasarkan reaksinya di dalam tanah, pupuk diklasifikasikan menjadi pupuk masam, pupuk basa dan pupuk netral.
- Berdasarkan bentuknya pupuk diklasifikasikan menjadi bentuk padat dan pupuk cair.

6.1.2.1. Pupuk berdasarkan sumber atau cara terbentuknya

Pupuk alam adalah yang terjadi secara alami di alam tanpa buatan manusia atau melalui proses industri atau pabrikan.

Pupuk alam selalu disamakan dengan pupuk organik, karena kebanyakan pupuk alam itu terdiri dari senyawa organik.

Tetapi sebenarnya pupuk alam itu tidak semuanya organik, misalnya pupuk posfat alam yang kandungannya senyawanya anorganik .

Beberapa contoh pupuk alam adalah guano, pupuk kandang, pupuk hijau, night soil, dan tepung tulang

Pupuk buatan

Pupuk buatan merupakan pupuk yang dibuat oleh pabrik dengan kandungan unsur hara tertentu.

Pada umumnya kandungan haranya lebih tinggi, mudah larut dan cepat diserap oleh akar tanaman. Alasan inilah yang membuat pupuk ini banyak digunakan.

Akan tetapi pupuk ini mempunyai kelemahan jika penggunaannya berlebihan akan mengakibatkan kerusakan lingkungan dan tanaman. Selain itu pupuk ini tidak mengandung hara mikro dan hanya mengandung unsur hara tertentu saja misalnya N. Contohnya urea hanya mengandung hara nitrogen saja.

6.1.2.2 Pupuk berdasarkan senyawa kimianya

Pupuk organik dan anorganik adalah penggolongan pupuk berdasarkan sifat kimianya.

Pupuk organik adalah pupuk dengan senyawa organik, yang merupakan hasil pelapukan bahan-bahan organik dan biasanya mempunyai kandungan hara yang rendah.

Pupuk organik dipakai karena ia secara lambat dan gradual membebaskan N sepanjang musim. Pupuk ini juga membantu untuk mempertahankan keadaan fisik pupuk yang baik bila dicampurkan dengan pupuk lain, sehingga memudahkan penyebarannya.

Pupuk anorganik

Pupuk anorganik adalah pupuk yang mempunyai senyawa kimia anorganik. Contoh pupuk anorganik adalah ZA ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$).

Pupuk berdasarkan kandungan haranya digolongkan atas *pupuk tunggal* dan *pupuk majemuk*

Pupuk tunggal merupakan pupuk yang hanya mengandung satu unsur pupuk. Unsur pupuk tersebut ada tiga yaitu nitrogen, posfor, dan kalium.

Pupuk yang mengandung unsur pupuk lebih dari satu disebut *pupuk majemuk*. Pupuk majemuk yang mengandung dua unsur saja disebut *pupuk majemuk tak lengkap*, sedangkan jika mengandung ketiganya (N, P, dan K) disebut *pupuk majemuk lengkap*.

6.1.2.3 Pupuk berdasarkan reaksinya

Pupuk yang diberikan ke tanah akan mempengaruhi sifat reaksi tanah.

Pupuk dapat menurunkan pH disebut *pupuk asam*, sedangkan pupuk yang dapat menaikkan pH disebut *pupuk basa*, dan ada juga pupuk yang bereaksi *netral*.

6.1.2.4. Pupuk berdasarkan bentuknya

Berdasarkan bentuknya pupuk dibedakan atas *pupuk padat* dan *pupuk cair*.

Untuk pupuk padat dapat dibagi lagi berdasarkan ukurannya seperti

serbuk, kristal, butiran (granular) pelet, tablet atau khelat.

Pupuk padat dapat diaplikasikan melalui tanah atau daun, dengan memperhatikan hal berikut: jika pupuk tersebut mudah larut dalam air, maka pemberiannya dapat dilakukan melalui daun atau sebaliknya. Salah satu contoh pupuk yang mudah larut dalam air adalah urea.

Pupuk cair terbagi dua yaitu pupuk yang berbentuk *cairan* ataupun *pupuk padat yang mudah larut* dalam air.

Pupuk padat yang mudah larut dalam air disebut pupuk *solution fertilizer*.

6.2. Pupuk buatan

Pupuk jenis ini mengandung unsur hara tertentu dan umumnya mempunyai kandungan hara yang tinggi.

6.2.1 Sifat umum pupuk buatan

Nilai suatu pupuk buatan ditentukan oleh sifat-sifatnya, yang harus diketahui nilai suatu pupuk adalah:

- Kadar unsur pupuk
- Kelarutan pupuk
- Kemasaman pupuk
- Higroskopisitas
- Bekerjanya pupuk

- Indeks garam

6.2.1.1. Kadar unsur pupuk

Banyaknya unsur hara yang dikandung oleh suatu pupuk merupakan faktor penentu utama untuk menilai pupuk tersebut, karena jumlah unsur hara menentukan kemampuannya untuk menaikkan kandungan hara tanah.

Kadar unsur hara dinyatakan dalam persen N, persen P_2O_5 , dan persen K_2O . Misalnya pupuk urea 45% artinya dalam setiap 100 kg pupuk urea mengandung 45 kg N.

6.2.1.2. Kelarutan pupuk

Kelarutan pupuk menyatakan mudah tidaknya suatu pupuk larut dalam air, dan diserap akar tanaman.

Sifat kelarutan pupuk perlu diketahui dalam hal:

- Penentuan atau pemilihan metode cara pemupukan
- Waktu pemupukan
- Penggunaan pupuk dan untuk jenis tanaman apa.

Misalnya pupuk yang bersifat mudah larut dapat diaplikasikan pada saat tanam atau setelah tanaman tumbuh, dan pupuk ini sesuai untuk jenis tanaman semusim

Pupuk yang tidak mudah larut dapat disebar dilapang pada waktu sebelum tanam dan sesuai untuk tanaman tahunan.

6.2.1.3. Kemasaman pupuk

Reaksi fisiologis pupuk yang diberikan ke tanah dapat bersifat masam, alkalis atau netral.

Sifat kemasaman pupuk dinyatakan dengan nilai ekivalen kemasaman, yang artinya berapa jumlah Kg kapur (CaCO_3) yang diperlukan untuk meniadakan kemasaman yang disebabkan oleh penggunaan 100 Kg suatu jenis pupuk.

Misalnya pupuk ZA dengan ekivalen 110, artinya untuk menghilangkan kemasaman yang disebabkan oleh penggunaan 100 Kg ZA perlu ditambahkan sebanyak 110 Kg kapur.

Dengan mengetahui sifat kemasaman pupuk kita akan menggunakan pupuk yang bersifat alkalis untuk tanah-tanah masam, atau sebaliknya.

6.2.1.4. Higroskopisitas pupuk

Higroskopisitas adalah sifat mudah tidaknya pupuk bereaksi dengan uap air.

Pupuk yang higroskopis kurang baik karena mudah menjadi basah atau mencair bila tidak tertutup. Walaupun pada kondisi kelembaban udara rendah pupuk ini dapat kembali kering, tetapi menjadi bongkahan yang keras.

Umumnya untuk mengurangi sifat higroskopisnya pupuk ini dibuat dalam bentuk butiran, untuk mengurangi bidang sentuh dengan uap air.

6.2.1.5. Cara bekerjanya pupuk

Bekerjanya pupuk adalah waktu yang diperlukan sejak saat pemberian pupuk hingga pupuk tersebut dapat diserap tanaman.

6.2.1.6. Indeks garam

Pemupukan dapat meningkatkan konsentrasi garam di dalam larutan tanah.

Indeks garam merupakan gambaran perbandingan kenaikan tekanan osmotik karena penambahan 100 g pupuk dengan kenaikan tekanan osmotik karena penambahan 100 g NaNO_3 .

Sifat ini penting diketahui untuk menentukan penempatan pupuk yang tepat.

Misalnya dosis urea per Ha =

$$\frac{100}{46.6} \times 50\text{Kg} = 107\text{ Kg}$$

Sedangkan ZA

$$\frac{100}{21.2} \times 50\text{Kg} = 236\text{ Kg}$$

Indeks garam 107 Urea

$$\frac{107}{100} \times 75.4 = 80.7$$

Indeks garam 236 ZA

$$\frac{236}{100} \times 68.9 = 162.7$$

Berdasarkan indeks garam diatas maka pupuk yang dipilih adalah urea (80.7) karena indeks garamnya lebih rendah dibandingkan dengan ZA (162.7)

6.2.2. Pupuk nitrogen

Macam pupuk nitrogen
Pupuk N organik dan anorganik
dibedakan menjadi tiga bentuk yaitu

- bentuk organik
- bentuk anorganik

6.2.2.1. Bentuk organik

Pupuk organik, seperti sampah, sisa ikan, ampas jarak, dan sebagainya (Tabel 2), harus mengalami aminisasi, amonifikasi, dan nitrifikasi sebelum nitrogennya menjadi tersedia bagi tanaman.

Akibatnya mereka tidak seefektif NaN_3 , Na_4NO_3 atau $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, dan tidak menghasilkan respons tanaman yang cepat, apalagi kalau keadaan tanah tidak menunjang proses-proses dekomposisi tersebut.

6.2.2.2. Bentuk anorganik

Bahan-bahan yang disebut dalam Tabel 3 mempunyai satu persamaaan, yaitu mereka dapat dibuat dari N_2 udara.

Penggunaan pupuk N yang lebih banyak disebabkan oleh:

- Jumlah gas nitrogen yang terdapat dalam atmosfer cukup tersedia.

- Teknologi pembuatan pupuk N telah begitu maju, sehingga biaya pembuatan jauh lebih murah dari pada pupuk P dan K. Disamping itu, cara pembuatan yang dipakai sekarang memungkinkan dihasilkannya berbagai macam bahan dalam jumlah banyak, sehingga penggunaannya lebih praktis.

Sebagai akibat dari kenyataan diatas pembawa N sintetis atau buatan makin lama makin memegang peranan penting.

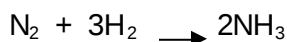
Hampir seluruh keperluan pupuk N Indonesia berasal dari pembawa nitrogen anorganik sintetis ini.

Bentuk amonia

Dikenal berbagai macam pembawa N. anorganik yang dapat mensuplai N dalam pupuk majemuk.

Mungkin proses sintetis yang paling penting ialah pembuatan gas amonia dari unsur-unsur hidrogen dan nitrogen.

Reaksinya adalah sebagai berikut:



Reaksi ini sangat penting karena menghasilkan senyawa yang pada saat ini dianggap paling murah.

Satu hal lain yang penting, ialah reaksi ini merupakan langkah pertama dalam pembuatan bahan-bahan pupuk N yang lainnya.

Tabel 3 menyajikan susunan dan sumber dari pupuk-pupuk yang terpenting.

Kisaran kadar N dari berbagai pupuk N sangat lebar, bervariasi antara 3% yang terdapat dalam super fosfat yang diamoniatkan hingga 82% yang ada dalam pupuk amonia cairan.

Juga beberapa bentuk N, seperti senyawa amonium dan nitrat dan juga urea dan sianada disajikan dalam Tabel 3.

Dua yang terakhir bila mengalami hidrolisis dalam tanah menghasilkan ion NH_4^+ yang dapat diabsorpsi tanaman atau dioksidasi menjadi nitrat.

Walaupun semua bahan yang dikemukakan dalam Tabel 3 dipakai sebagai pembawa N, senyawa-senyawa yang mengandung ammonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-) ternyata paling banyak digunakan sebagai pupuk.

Gas amonia yang diperoleh secara demikian dapat digunakan untuk tiga hal.

- Pertama, gas tersebut dibawah tekanan tinggi dapat dicairkan menjadi amonia cairan. Senyawa ini digunakan dalam pembuatan superfosfat yang diamoniatkan dan pupuk majemuk lainnya. Senyawa ini dapat langsung dipakai sebagai pupuk N.
- Kedua, gas amonia dapat dilarutkan dalam air

menghasilkan NH_4OH . Bahan ini dapat dipakai secara tersendiri sebagai pupuk, atau lebih sering dipakai sebagai pelarut pembawa nitrogen lain seperti NH_4NO_3 dan urea yang dinamakan larutan nitrogen. Pabrik pupuk Sriwijaya menghasilkan amonia cairan sebagai hasil sampingan dan umumnya dipakai sebagai pendingin pabrik-pabrik es.

- Ketiga, gas amonia dipakai untuk pembuatan pupuk N lainnya.

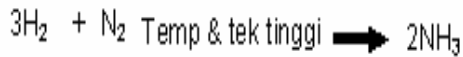
Anhydrous ammonia

Nitrogen atmosfer merupakan sumber nitrogen utama di muka bumi. Kemudian nitrogen berikatan dengan hidrogen membentuk amonia.

Hara yang umum terdapat dalam pupuk adalah N, P_2O_5 , dan K_2O dalam bentuk tunggal ataupun majemuk. Pupuk yang hanya mengandung satu unsur disebut *pupuk tunggal*, sedangkan yang mengandung lebih dari satu unsur disebut *pupuk majemuk*. Sebagai contoh dapat disebut kalium nitrat dan amonium fosfat.

Awal dari terbentuknya senyawa nitrogen diawali dengan reaksi antara hidrogen (H^+) dan nitrogen (N) pada temperatur dan tekanan tinggi yang menghasilkan amonia (NH_3).

Rincian reaksi tersebut seperti yang tertera dibawah ini.



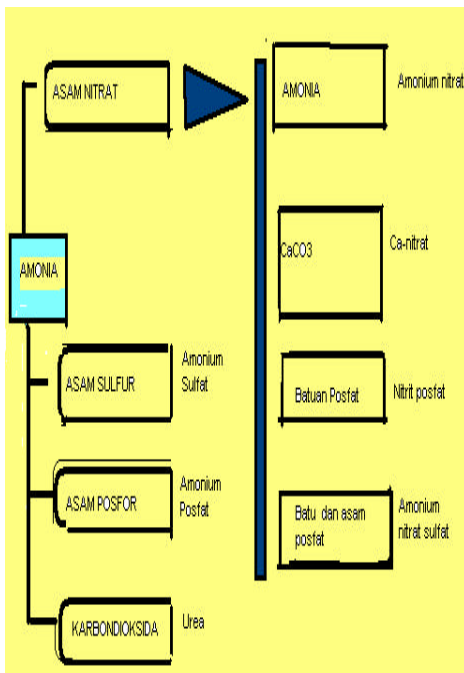
Katalisator reaksi pembentukan amonia hanya dapat berlangsung pada suhu dan tekanan tinggi. Temperatur yang dibutuhkan mencapai 400-500 °C, dengan tekanan 2.200 pound per m².

Amonia inilah yang kemudian dikonversi kebeberapa bentuk lain seperti tertera pada Gambar 39 .

Amonia anhidrous larutan pupuk nitrogen yang dilarutkan dalam air.

Kandungan nitrogen pada pupuk amonia cair yang diperdagangkan sekitar 20% N, dalam bentuk amonia. Untuk menghindari kehilangan nitrogen dari pupuk amonia cair ini, umumnya pengaplikasiannya ke tanaman melalui penyuntikan ke air permukaan tanah.

Pupuk nitrogen mudah tercuci terbawa air hujan, mengurai, dan menguap



Gambar 39 Konversi amonia kebeberapa bentuk pupuk nitrogen

Amonia cair

Tabel 2 Pembawa Nitrogen organik

Pupuk	Sumber	% Nitrogen
Darah kering	Tempat pemotongan	8-12
Sisa-sisa daging	Tempat pemotongan	5-10 (3-13% P_2O_5)
Tepung daging	Tempat pemotongan	10-11 (1-5% P_2O_5)
Sisa ikan kering	Pengalengan dan ikan yang tak dapat dimakan	6-10 (4-8% P_2O_5)
Tepung biji kapas	Ampas	6-9 (2-3% P_2O_5 dan 1-2% K_2O)
Batang tambakau	Sisa	1.5-3.5 (4-9% K_2O)
Tepung jarak	Ampas	5-7 (2% P_2O_5 dan 1% P_2O_5)
Tepung coklat	Ampas	3.5-4.5

Tabel 3 Pembawa nitrogen anorganik

Pupuk	Rumus kimia	Sumber	% Nitrogen
Natrium nitrat	$NaNO_3$	Salpeter Cili atau dibuat	16
Amonium Sulfat	$(NH_4)_2SO_4$	Hasil sampingan arang dan gas	21
Amonium nitrat	NH_4NO_3	Dibuat	33
"Cl-nitro" dan A.N.L. ^a	NH_4NO_3 dan dolomit	Dibuat	20
Urea	$CO(NH_2)_2$	Dibuat	42-45
Kalsium sianamida	$CaCN_2$	Dibuat	22
Amonia cairan	NH_3 cairan	Dibuat	82
Larutan amonia	NH_4OH encer	Dibuat	20-25
Amofos	$NH_4.H_2PO_4$	Dibuat	11 (48% P_2O_5)
Diamonium fosfat	$(NH_4)_2 HPO_4$	Dibuat	21 (53% P_2O_5)

Amonium nitrat (34-0-0)

Amonium nitrat merupakan pupuk nitrogen yang paling banyak digunakan setelah perang dunia ke II.

Pupuk ini dihasilkan dari reaksi antara asam nitrit dengan senyawa amonia anhidrous (Gambar 40)

Pupuk amonium nitrat adalah pupuk yang dapat menyumbangkan dua jenis hara N dalam bentuk amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-).

Setelah asam nitrit dihasilkan, selanjutnya direaksikan dengan amonia anhidrous membentuk amonium nitrat (Gambar 41).

Produk komersial dari pupuk amonium nitrat dapat dalam bentuk padat, granular, larutan dan kapsul. Bentuk pupuk ini padat dan kristalin, berwarna putih, tidak higroskopis dan bekerjanya cepat.

Kandungan N dari pupuk amonium nitrat yang diperdagangkan berkisar antara 33-34%.



amonia oksigen Oksida nitrat air



Nitrat oksida air Asam nitrit Nitrat oksida

Gambar 40. Reaksi pembentukan asam nitrit

Amonium sulfat

Umumnya pupuk amonium sulfat yang beredar dipasaran mengandung 21% nitrogen dan 24% belerang.

Pembentukan pupuk ini berasal dari reaksi antara amonia dengan asam sulfat, dengan reaksi sebagai berikut:



Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

Pupuk urea adalah salah satu jenis pupuk N yang paling tinggi kandungan nitrogennya. Urea selain digunakan sebagai pupuk juga sering digunakan sebagai protein substitusi dari hewan ruminansia.

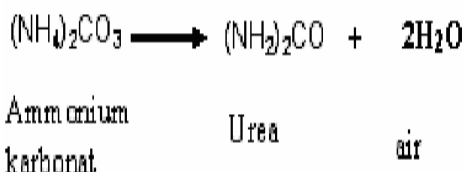
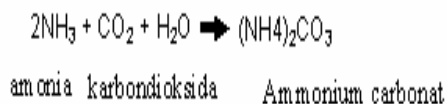
Pembentukan pupuk ini diawali dengan reaksi antara ammonia dengan karbondioksida pada temperatur $170-210^\circ\text{C}$ dengan tekanan berkisar antara 170-400 atmosfer.

Pada suhu tinggi amonium karbonat memperlihatkan sifat tekanan disosiasi yang tinggi.

Pembentukannya menghasilkan banyak panas, selama tekanan parsial bahan-bahan yang sedang di reaksikan melebihi tekanan disosiasi amonium karbonat.

Reaksi berikut dari karbonat ke urea hanya terjadi dalam suasana cairan atau padat dan koversi keseimbangan menurun karena terbentuknya air.

Reaksi pembentukannya terdapat adalah sebagai berikut berikutnya:



Konsentrasi kandungan urea dari reaksi diatas mencapai lebih kurang 80%.

Penggunaan pupuk urea dilapangan dapat dalam bentuk konsentrat atau dalam bentuk granular, sedangkan kandungan nitrogen dari pupuk urea ini sekitar 45%.

Pupuk urea memiliki sifat higroskopis yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk lainnya. Oleh karenanya penggunaannya di lapangan biasanya diberikan dalam 3 tahapan selama masa pertanaman.

Sifatnya ini juga yang menyebabkan penggabungan dan penyimpanan pupuk ini dengan pupuk lainnya memerlukan perhatian khusus.

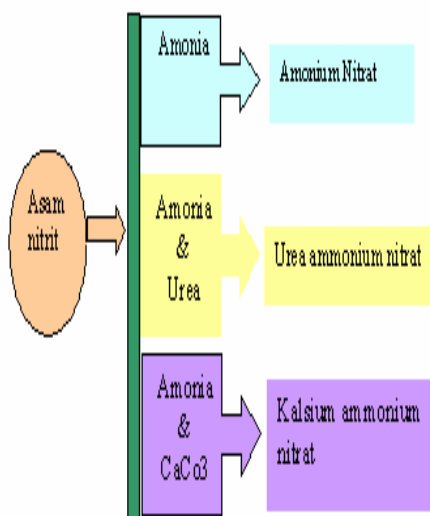
Nitrat fosfat.

Dengan menggunakan HNO_3 sebagai pengagam batu fosfat diperoleh nitrat fosfat. Senyawa ini

banyak dipakai untuk pembuatan pupuk majemuk.

Amonium sulfat nitrat

Pupuk ini merupakan habungan antara amonium sulfat dan amonium nitrat. Pupuk ini diperdagangkan dalam bentuk kristal berwarna kuning kemerahan.



Gambar 41 Tahapan pembentukan amonium dari asam nitrit

Amonium sulfat mengandung 26% dan 37% SO_4 , 19.5% tersedia dalam bentuk amonium dan 6.5% sebagai nitrat.

Nilainya sebagai pupuk tidak berbeda jauh dengan ZA,

kelebihannya dibandingkan ZA, kada N nya lebih tinggi dan $\frac{1}{4}$ dari jumlah N tersedia dalam bentuk nitrat, yang dapat diserap tanaman tanpa mengalami perubahan kimia terlebih dahulu.

6.2.3. Pupuk Posfat

Hampir semua pupuk posfat komersial berasal dari batuan posfat.

Bahan baku pembuatan pupuk posfat (posfat alam) banyak disuplai dari Afrika Utara (Tunisia, Aljazair, dan Maroko) dan Amerika Serikat.

Super fosfat.

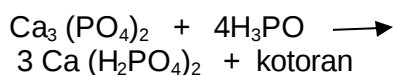
Pada saat ini super fosfat merupakan pupuk fosfat utama (Tabel 4).

Pupuk yang berkadar 16-21% P_2O_5 diperoleh dengan menambahkan sejumlah asam sulfat pada batu fosfat.

Fosfat yang dulu sering dipakai adalah bentuk ini, yang mengandung 31% P_2O_5 , 50% $CaSO_4$ dan 19% kotoran.

Sekarang beredar pupuk tripel super posfat 40-47% P_2O_5 tersedia.

Reaksi pembuatannya adalah sebagai berikut :



Tripel super fosfat yang diperdagangkan di Indonesia dalam bentuk pelet.

Pupuk yang berkadar P tinggi ini, bila tidak diberikan dalam bentuk pelet akan segera bereaksi dengan tanah, dan biasanya P berakhir dalam bentuk terikat.

Dengan adanya bentuk pelet ini, maka kontak dengan tanah diperkecil sehingga jumlah yang diikat tanah dapat dikurangi.

Superfosfat bereaksi sangat masam dan umumnya dianggap akan meningkatkan kemasaman tanah bila diberikan pada tanah. Nyatanya, ia tidak memberikan efek kemasaman tanah.

Akan tetapi bila superposfat diberikan pada tanah ber-pH rendah maka pupuk ini bertendensi menaikkan kemasaman tanah, sedangkan pada tanah ber-ph antara 7.5 dan 8.5 memberikan efek yang berlainan.

Fosfat yang diamoniatkan.

Fosfat yang diamoniatkan mengandung 3 hingga 4% N dan 16-18% P_2O_5 . Pupuk ini biasa dibuat dari superfosfat yang diberi larutan amonia atau larutan nitrogen Amofos yang mengandung 11% N dan 48% P_2O_5 juga merupakan pupuk dagangan.

Pupuk ini sangat cocok untuk tanah berkadar K tinggi dan banyak membutuhkan N dan P.

Tepung tulang

Tepung tulang merupakan asam fosfat yang mahal. Lambat tersedia dalam tanah. Dalam jumlah besar

pun tepung tulang tidak akan mengganggu tanaman.

Batu fosfat.

Bila ingin menggunakan batu fosfat sebagai pupuk terlebih dahulu harus digiling halus.

Penggilingan ini dapat meningkatkan ketersediaan P, apalagi bila pada tanah tersebut terdapat bahan organik yang sedang mengalami dekomposisi.

Batu fosfat merupakan pupuk fosfat yang paling sukar larut dibandingkan pupuk fosfat lainnya.

Jika kita urutkan ketersediaan posfat mulai dari cepat ke lambat tersedia adalah sebagai berikut: amonium fosfat, super fosfat, tepung tulang dan batu fosfat.

Walaupun rumus konvensional batu fosfat adalah $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, sebenarnya rumusnya jauh lebih kompleks dari pada itu.

Nyatanya ia mendekati rumus fluorapatit, $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$. Oleh karenanya ia sangat sukar larut. Batu fosfat yang pernah ditambang sebagai pupuk di Indonesia ialah batu fosfat dari Cirebon. Pupuk tersebut dikenal sebagai fosfat Cirebon, merupakan kalsiumtrifosfat yang mengandung 28% P_2O_5 larut dalam HCl keras atau 14% P_2O_5 larut dalam 2% asam nitrat.

Sebelum dipakai, batu tersebut harus terlebih dahulu digiling halus (80% melampaui saringan 0.17 mm).

Sebagian besar dari pupuk ini dipakai oleh perkebunan teh, kelapa sawit, dan karet sebagai pengganti super fosfat. Untuk tanaman tahunan pupuk fosfat yang lambat tersedia tidak menjadi halangan, berlainan dengan tebu, tanaman ini memerlukan pupuk fosfat cepat tersedia.

Pupuk berkadar fosfat tinggi.

Perlu pula kita menyebut dua macam fosfat berkadar tinggi yang belum banyak dipakai, yaitu: kalsium metafosfat, $\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$ yang berkadar 62-63% P_2O_5 dan asam super fosfat yang mengandung 76% P_2O_5 (Tabel 3)

Kalsium meta fosfat, atau sering disebut metafos dibuat dari batu posfat atau batu kapur yang direaksikan dengan P_2O_5 (Tabel 3).

Asam superfosfat

Pupuk ini merupakan senyawa yang berkadar P_2O_5 paling tinggi (Tabel 3). Larutan ini dapat dipakai untuk membuat pupuk larutan lain atau membuat superfosfat berkadar P tinggi (54% P_2O_5).

Efektifitas pupuk posfat yang diberikan ke dalam tanah dipengaruhi oleh dua faktor yakni ukuran butiran pupuk dan cara pemberian pupuk.

Makin halus ukuran butiran, efektivitasnya makin tinggi, artinya pupuk yang diberikan akan cepat larut dan membentuk H_2PO_4 di

dalam larutan tanah sehingga dapat mempercepat tanaman menyerap unsur tersebut.

Cara pemberian yang tepat juga akan meningkatkan efektifitas pupuk seperti pemberian pupuk P cara lubang dan jalur merupakan cara terbaik

6.2.4. Pupuk kalium

Pupuk kalium dibuat dari deposit garam kalium, dan pada umumnya berasosiasi dengan magnesium, sulfat, dan klor.

Kainit dan garam pupuk kandang merupakan sumber kalium yang biasa dijumpai. Kalium klorida dan sulfat yang berasal dari Jerman dan Prancis merupakan senyawa-senyawa kalium yang telah dimurnikan.

Kalium sulfat

Pupuk ini dikenal juga dengan nama *zwavelzure kali* (ZK) dengan rumus kimia (K_2SO_4) .

Kalium magnesium sulfat

Pupuk ini dikenal dengan nama *patent kali*, merupakan garam rangkap pupuk kieserit ($MgSO_4$) dan pupuk ZK (K_2SO_4) dengan rumus kimia $K_2SO_4.MgSO_4$.

Semua garam kalium yang dipakai sebagai pupuk larut dalam air dan segera tersedia.

Tidak seperti pupuk N, pupuk K walaupun diberikan dalam jumlah banyak tidak mempengaruhi pH tanah.

Pemberian KCl yang banyak pada kentang dan tembakau dapat menurunkan kualitas hasil tanaman.

Kalium khlorida dan sulfat banyak dipakai di Indonesia, terutama untuk tanaman tembakau, sisal, dan tanaman perkebunan.

Beberapa tanaman sayuran memerlukan kalium, sedangkan padi hampir tidak pernah dipupuk K. Seluruh keperluan kalium di Indonesia datang dari luar negeri.

Kalium-magnesium sulfat, walaupun berkadar K rendah, Mulai banyak digunakan di terutama di daerah yang kekurangan magnesium.

Dibandingkan dengan batu kapur dolomitik atau dolomit, kalium-magnesium merupakan sumber Mg yang disukai.

Sebagian besar dari kulit coklat, abu ampas tebu atau abu sabut kelapa cukup banyak mengandung K, akan tetapi bahan ini belum dimanfaatkan secara sempurna.

Sekam padi mengandung kurang lebih 2% kalium. Pada umumnya sekam ini dibakar dan abunya dibiarkan tanpa dipergunakan. Kadar K dalam abu sekam kurang lebih sama dengan 30% K_2O .

Sisa-sisa pertanian dalam bentuk kulit coklat, sabut dan batok kelapa, ampas tebu dan sekam padi merupakan sumber kalium yang cukup berarti.

6.2.5. Pupuk kalsium, magnesium belerang dan unsur mikro

Unsur hara kalsium termasuk hara makro sekunder bersama dengan magnesium dan belerang.

Sumber kalsium dalam tanah berasal dari mineral tanah primer seperti kalsit (CaCO_3), dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), dan garam-garam sederhana seperti gipsum (CaSO_4) dan Ca-posfat.

Pemupukan kalsium umumnya diberikan dalam bentuk kapur atau garam-garam yang mengandung kalsium.

Penambahan kapur ke dalam tanah mempunyai dua fungsi yaitu menaikkan pH dan meningkatkan ketersediaan hara.

Kalsium dalam pupuk

Beberapa bentuk kalsium yang biasa dipakai untuk pertanian adalah kalsium karbonat (CaCO_3), kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), kalsium oksida (CaO), dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), dan kalsium silikat (CaSiO_3).

Magnesium dalam pupuk

Sumber utama pupuk magnesium diperoleh dari batuan dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), garam pahit ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) dan kiserit ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

Efisiensi pupuk dolomit sangat tergantung pada kehalusannya, semakin halus pupuk tersebut semakin efektif sebagai pupuk.

Pupuk belerang

Kehilangan S dari bidang serap tanah dapat disebabkan oleh erosi, pencucian dan terangkut tanaman dari tanah petani sama dengan 20-30 kg per hektar.

Untuk daerah yang memiliki curah hujan tinggi maka besarnya kehilangan akibat pencucian ini akan lebih besar.

Akan tetapi belerang tanah juga dapat mengalami penambahan melalui hujan dan salju.

Jumlahnya tergantung dari tempat, dan berkisar 2-3 kg per hektar hingga lebih dari 100 kg bila dekat dengan pusat industri atau gunung berapi yang masih aktif.

Pada usaha pertanian umum masalah penambahan belerang dapat diselesaikan secara otomatis.

Dalam pengelolaan tanah belerang dikembalikan ke dalam tanah dengan bentuk pupuk hijau, sisa tanaman dan pupuk kandang.

Pupuk buatan seperti super fosfat dan kalium sulfat mengandung sejumlah belerang. Pemberian 10 ton pupuk kandang yang diperkuat dengan 250 kg superfosfat mengandung lebih dari 50 kg belerang. Jumlah ini saja sudah melebihi belerang yang hilang.

Dari keterangan diatas, kelihatannya masalah belerang tidak serawan hara posfor.

Pupuk mikro

Penambahan unsur mikro pada pupuk harus dilakukan dan dikendalikan lebih teliti dari pada penambahan unsur makro.

Perbedaan antara jumlah unsur mikro yang diberikan pada waktu terjadi dan keracunan sangat kecil.

Akibatnya, unsur mikro hanya diberikan bila kita yakin bila unsur itu diperlukan dan jumlah yang dibutuhkan diketahui.

Bila tanaman kekurangan suatu unsur mikro harus diatasi, terutama saat masalahnya sangat mendesak maka garam dari unsur mikro yang kurang ditambahkan kedalam tanah (Tabel 5).

Tembaga, Fe dan Zn pada umumnya diberikan sebagai garam sulfat, sedangkan B sebagai boraks. Molibdenum ditambahkan sebagai N-molibdat. Besi dan Zn dapat diberikan sebagai khelat. Jumlah hara mikro yang ditambahkan harus terkendalikan karena kalau tidak, dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman.

Pupuk yang mengandung unsur mikro mempunyai arti yang cukup penting, karena tidak dapat kita sangkal lagi kesalahan perharan tanaman, disebabkan kekurangan unsur ini kian hari kian menjadi kenyataan.

6.2.6. Pupuk Majemuk

Pupuk yang mengandung lebih dari satu unsur hara disebut pupuk majemuk (*pupuk campuran*). Pupuk campuran biasanya paling sedikit terdiri dari dua dan tiga dari unsur pupuk.

Yang pertama disebut pupuk majemuk tidak lengkap dan yang terakhir pupuk lengkap.

Banyaknya unsur pupuk dicampurkan dalam perbandingan yang dapat menunjang keperluan unsur hara.

Contohnya, larutan amonia, super fosfat, KCl dan sejumlah bahan organik dapat dipakai suatu pupuk majemuk yang lengkap.

Kondisi fisik

Disamping mensuplai N, P, dan K dalam jumlah sebanding, pupuk majemuk harus mempunyai beberapa sifat lain.

Yang terpenting dalam hubungan ini ialah kondisi fisik dari pupuk campuran tersebut. Pupuk tersebut harus tetap bersifat "drillable" sejak dibeli, kemudian disimpan hingga pada waktu diberikan ke dalam tanah.

Beberapa pupuk majemuk tidak dapat dipakai karena sifat menggumpal kemudian mengeras. Pupuk-pupuk yang sering tidak memuaskan jika dicampur ialah campuran amonium dan natrium nitrat, amonium sulfat dan kalium chlorida.

Sifat higroskopis beberapa bahan, seperti amonium nitrat, sering menyebabkan pupuk majemuk menggumpal.

Cara yang paling aman untuk menghindari penggumpalan adalah:

- Pupuk disimpan dalam kantong tahan kelembapan,
- Pupuk dicampurkan dengan bahan yang dapat menyerap kelembapan.

Dalam kasus kedua bahan-bahan seperti batang jagung atau kotoran ayam yang dikeringkan dapat dicampurkan untuk menyerap uap air udara. Kapur dolomitik sering digunakan menyangga kecendrungan terjadinya kemasaman, dan ia juga dapat merupakan suatu "conditioner".

Salah satu cara lain agar pupuk tidak menggumpal ialah dengan membuat pelet segera setelah dicampur.

Pupuk yang dipeletkan bebas dari debu, disamping ia mudah dihandel. Granulasi mengurangi kemungkinan pupuk ditiup angin dan mengurangi kecepatan bereaksi dengan tanah.

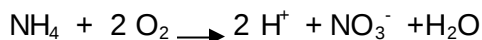
Pengaruh pupuk majemuk terhadap pH tanah

Pupuk pembentuk asam

Hampir semua pupuk majemuk, kecuali bila memperoleh perlakuan tertentu, bertendensi menciptakan residu yang bereaksi masam pada tanah. Hal ini disebabkan oleh

pembawa-pembawa N, terutama yang bersifat amonia. Efek utama yang diperlihatkan oleh ion-ion NH_4 ialah bila ion ini dinitrifikasikan.

Bila senyawa amonium di oksidasikan maka bertendensi menambah kemasam, seperti diperlihatkan pada reaksi berikut:



Efek ion NH_4 lain yang tidak kalah pentingnya, adalah potensinya dalam menurunkan pH tanah. Contohnya, bila $(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)$ ditambahkan kedalam tanah, sebagian dari ion NH_4^+ segera diadsorpsi oleh kompleks koloid tanah menggantikan sejumlah ekuivalen kation-kation lain.

Bila ion metal yang digantikan, maka ion tersebut peka pada pencucian. Dan ini akhirnya dapat berakibat penurunan pH tanah. Sebaliknya, bila ion-ion H yang digantikan, asam sulfat akan muncul dalam larutan tanah.

Pembentukan asam sulfat yang sama akan terjadi bila mengabsorpsi ion NH_4 lebih banyak dari pada ion SO_4 .

Di samping senyawa-senyawa amonium, bahan-bahan seperti urea dan beberapa bahan organik, yang bila dihidrolisis menghasilkan ion NH_4^+ merupakan sumber berkompetensi terhadap kemasaman tanah. Pupuk P dan K yang biasa dipakai hampir tidak mempunyai pengaruh pada pH tanah, terkecuali bila pupuk tersebut mengandung N.

Tabel 4 Pembawa fosfor

Fertilizer	Bentuk kimia	Sumber	% kadar P_2O_5 tersedia
Super fosfat	$Ca(H_2PO_4)_2 + CaHPO_4$	Dibuat dari batu fosfat	15-50
Super fosfat Amoniat	$NH_4H_2PO_4$ $CaHPO_4$ $Ca_3(PO_4)_2(NH_4)_2 SO_4$	Dibuat	16-19 (3-4 % N)
Amofos	$NH_4H_2PO_4$	Dibuat	48 (11% N)
Diamonium sulfat	$(NP_4)_2HPO_4$	Dibuat	53(21% N)
Tepung tulang	$Ca_3(PO_4)_2$	Pemotongan	20-25
Batu fosfat	Flour atau Chlor apatit	Batu fosfat	25-30
Ca-meta fosfat	$Ca(PO_3)_2$	Dibuat	62-63
Asam fosfat	H_3PO_4	Dibuat	54
Asam super fosfat	H_3PO_4 dan $H_4P_2O_7$	Dibuat	70

Tabel 5 Pupuk Kalium

Pupuk	Rumus kimia	% Kalium
Kalium chlorida	KCL dan garam K lainnya K_2SO_4	48-60
Kalium sulfat	Garam ganda dari K dan Mg (mengandung 25% $MgSO_4$)	48-50
Kalium-magnesium sulfat	KCL sebagian besar	20-30
Garam pupuk kandang	KCL sebagian besar	20-30
Kainit	KCL sebagian besar	12-16
Kalium nitrat	KNO_3	44(13% N)
Abu kayu	K_2CO_3 sebagian besar	3-7 (1-2% P_2O_5)
Batang tembakau	Organik	4-9 (2-4% N)
Kulit coklat	Organik	2
Ubu ampas tebu	Anorganik	30
Abu sabut kelapa	Anorganik	30

Jaminan dari pupuk tunggal, seperti amoniumsulfat mudah diinterpretasikan, karena nama dan susunan dari bahan tersebut dicantumkan pada label atau dicetak pada pembungkusnya.

Bila jumlah unsur yang terdapat dalam bahan yang dicantumkan, maka kemurnian dari pada pupuk tersebut dapat diketahui. Misalnya, bila bahan tersebut adalah NaNO_3 maka kadar N nya 16%.

Akan tetapi jika tidak, maka kita akan melakukan *analisa hara pupuk* yang menyatakan berapa jumlah relatif dari N, P_2O_5 , dan K_2O dalam pupuk tersebut.

Jadi, jika pada kantong pupuk tertulis angka perbandingan 5-10-10 artinya pupuk ini mengandung 5% N-total, 10% P-tersedia, dan 10% K larut dalam air.

Umumnya pupuk komersial menggunakan perbandingan haranya 1-2-2, misalnya, 5-10-10, 6-12-12, 10-20-20, dan 15-30-30.

Pupuk demikian bila diberikan dalam jumlah ekivalen yang sama akan mempunyai hara yang sama.

Misalnya jika kita memberikan pupuk jenis A (10-20-20) sebanyak 500 maka hal ini ekivalen dengan memberikan memberikan jumlah N, P_2O_5 , dan K_2O yang sama dengan 5-10-10

6.3. Faktor yang mempengaruhi macam dan jumlah pupuk yang harus diberikan dalam tanah

Nilai pertanian dari suatu pupuk tidak menentu, karena bahan ini mudah berubah.

Oleh karenanya macam dan jumlah pupuk yang diberikan harus dapat mengikuti perubahan-perubahan ini.

Tanah dan pupuk terjadi reaksi kimia dan biologis yang mempengaruhi mutu pupuk.

iklim yang dapat mempengaruhi tanah, tanaman dan pupuk. perlu diperhatikan. Bila ada kelebihan atau kekurangan air, efisien penuh dari pemupukan sukar diharapkan.

Sebetulnya, setiap faktor yang dapat membatasi pertumbuhan tanaman akan menurunkan efensiansi pemupukan, dan akibatnya respons dari tanaman terhadap pemupukan juga terganggu.

Jika faktor-faktor lain tidak merupakan pembatas, maka jumlah pupuk dapat ditentukan dengan tingkat kepastian tertentu.

Meskipun keadaannya sangat kompleks, petunjuk-petunjuk tertentu dapat diikuti dalam menentukan macam atau jumlah pupuk yang harus diberikan.

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

1. Macam tanaman yang akan diusahakan: nilai ekonomi tanaman, kemampuan tanaman menyerap hara
2. Keadaan kimia tanah sehubungan dengan jumlah hara tersedia
3. Keadaan fisik tanah sehubungan dengan kadar air aerasi (tata udara tanah)

6.3.1 Jenis Macam tanaman yang akan dipupuk

Tanaman bernilai ekonomi tinggi, seperti brokoli memerlukan pengeluaran biaya pupuk majemuk lengkap dan jumlah yang diberikan dihitung berdasarkan respons per kg yang akan diperoleh.

Akibatnya, untuk tanaman semacam ini dipakai pupuk majemuk lengkap dalam jumlah banyak. Sebanyak 2 ton pupuk dengan analisa 8-16-16 sering disarankan.

Untuk tanaman bernilai ekonomi rendah biasanya pupuk yang disarankan lebih sedikit. Hasil tambahan yang diperoleh karena pemberian pupuk tidak cukup untuk membayar biaya tambahan pupuk itu.

Kita harus selalu ingat bahwa produksi tertinggi yang dicapai karena pemupukan tidak selalu menghasilkan uang yang banyak atau keuntungan yang besar.

Dengan kata lain, hukum penghasilan yang menurun

merupakan faktor utama dalam praktek pemupukan setiap tanaman.

Oleh karena itu, pemberian jumlah pupuk yang sedang untuk semua tanah harus dikembangkan. Biaya hasil tambahan yang diperoleh sudah dapat dipastikan. Jika kita dapat menentukan kemampuan hasilnya untuk membayar tambahan pupuk, maka dosis pupuk dapat dinaikkan.

Bila jumlah hara yang diabsorpsi tanaman banyak, maka pemupukan dapat ditingkatkan, yaitu untuk mengimbangi kehilangan hara dari dalam tanah.

Pupuk yang diberikan pada tanaman tidak seluruhnya dapat diambil tanaman.

Pertimbangan kita selaku pelaku tindak agronomi adalah bagaimana *mengembangkan kemampuan tanah menyediakan hara*, bila jumlah hara kurang baru kita akan memberikan dalam bentuk pupuk.

Untuk hara posfor, karena karena reaksi pengikatan fosfat sangat cepat, maka pemberian unsur ini jumlahnya jauh lebih besar dari yang diabsorpsi tanaman.

Kemampuan berbagai tanaman mengabsorpsi hara

Setiap jenis tanaman memiliki kemampuan yang berbeda dalam mengabsorpsi hara dari dalam tanah. Umpamanya, kacang tanah, lebih dapat mengabsorpsi K, walaupun kadar K tanah rendah, sedangkan kedelai tidak. Akibatnya,

respons dari pemberian K yang ditunjukkan lebih nyata pada kedelai dari pada kacang tanah.

6.3.2 Keadaan kimia tanah

Bagian tanah yang perlu diperhatikan adalah analisa kimianya. Ada dua cara analisa kimia yang dipakai sehubungan dengan unsur hara dalam tanah yaitu *analisa total* dan *parsial*. Analisa total adalah analisa total semua unsur yang terdapat dalam tanah, tidak tergantung dari bentuk atau tingkat ketersediannya.

Data demikian sangat berguna untuk membantu meramalkan tingkat ketersediaan hara bagi tanaman. Analisa parsial adalah analisa yang hanya mengukur hara yang tersedia bagi tanaman (hanya sebagian dari jumlah hara yang terdapat dalam tanah).

6.3.3. Keseimbangan hara

Sebelum kita membicarakan berbagai bahan pupuk, satu hal berikut ini perlu sekali diperhatikan. Ketiga unsur pupuk bila dipakai secara tepat, mereka tidak saja mengendalikan, mengimbangi, mendukung dan mengisi satu sama lain, tetapi juga unsur-unsur lainnya.

Hubungan ini sangat penting dalam praktek pemupukan, karena berkaitan dengan ekonomi dan efektivitas pemupukan.

Sebaiknya unsur-unsur yang diberikan merupakan tambahan bagi unsur-unsur yang sudah ada

didalam tanah, sehingga jumlah keseluruhan N, P da K yang tersedia bagi tanaman berada dalam perbandingan yang tepat.

Pada waktu bersamaan ketersediaan unsur esensial lainpun harus baik. Secara singkat, keseimbangan kesuburan secara menyeluruh harus sedemikian rupa sehingga dapat menunjang pertumbuhan tanaman.

Akan tetapi, dalam praktek keadaan yang demikian sangat sukar dicapai. Tanah merupakan sesuatu yang selalu tidak diketahui kualitasnya, demikian pula ketersediaan unsur-unsur setiap musimnya.

6. 4. Metoda aplikasi penempatan pupuk

6.4.1. Penempatan pupuk cairan

Penggunaan pupuk cairan belum membudaya bagi petani Indonesia, walaupun di luar negeri sudah umum digunakan.

Aplikasi pupuk cair ini dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu:

- (1) pemberian ke dalam tanah;
- (2) pemberian pada air irigasi
- (3) disemprotkan pada tanaman.

Pemberian langsung pada tanah

Praktek pemberian amonia cairan dan pupuk N lain pada tanaman hortikultura selalu dilakukan dengan

menggunakan alat khusus dengan tekanan tertentu disemprotkan sedalam lebih kurang 10 cm dalam tanah.

Jika disemprotkan ke dalam tanah tanaman tidak akan rusak dan kehilangan amonia dapat ditekan.

Cara ini mungkin lebih efisien karena pupuk amonia yang digunakan merupakan bahan baku yang termurah.

Dalam air irigasi

Cara ini digunakan dalam pengaplikasian pupuk amonia cairan, asam fosfat dan kadang-kadang pupuk majemuk lengkap dilarutkan dalam air irigasi dan disebarkan mengikuti aliran irigasi. Cara ini mengurangi ongkos penyebaran dan memungkinkan penggunaan pembawa N yang murni.

Diberikan sebagai semprotan pada daun

Pemberian langsung dari unsur mikro yang dicampur urea pada tanaman memperlihatkan kemungkinannya.

Cara pemupukan ini sangat unik, karena kita tidak memerlukan tambahan alat dan biaya serta dapat digabungkan bersama sama dengan pemberian insektisida.

6.4.2. Pupuk padat

Pemberian jumlah yang tepat dan ekonomis dari berbagai pupuk, serta cara penempatan pupuk dalam

tanah sama pentingnya dan tidak boleh dilupakan.

Pupuk harus ditempatkan dalam tanah sedemikian sehingga tanaman memperoleh keuntungan semaksimalnya. Ini tidak saja meliputi daerah penempatan, tetapi juga waktu penempatan dari pupuk. Cara penempatan akan dibahas sesuai dengan jenis tanaman tanamannya.

Jagung, kapas dan kentang

Tanaman ini biasanya dipupuk secara baris, sebagian atau seluruh pupuk diberikan pada saat tanam.

Bila diberikan secara baris, pupuk biasanya ditempatkan dalam baris sisi atau kedua sisi, tanaman.

Bila jumlah pupuk yang diberikan banyak, adalah sangat bijaksana menyebar rata sebagian dari pupuk kemudian mengaduk dan membenamkan ke dalam tanah sebelum benih atau bibit ditanam.

Sayuran

Sayuran juga memerlukan pemupukan seperti tanaman lainnya. Akan tetapi, jumlahnya tidak banyak dan biasanya diberikan secara baris, terutama pupuk N dan NaNO_3 .

Pemupukan ini dilakukan setelah tanaman tumbuh baik dan sebagai tambahan terhadap kekurangan hara yang tersedia dalam tanah.

Untuk tanaman semangka pemberian dapat diberikan disekeliling tanaman (*spot*).

Biji-bijian

Untuk jenis biji-bijian pupuk dapat diberikan disamping biji. Pemberian pupuk P dan N melalui cara disebar rata, dimasukkan dalam tanah, kemudian diaduk sebelum biji disemai.

Pemupukan pada tanah sawah berbeda dari pesemaian, yaitu jumlahnya lebih banyak.

Pupuk P diberikan sesaat sebelum tandur, sama seperti pesemaian. Pupuk N tidak diberikan sekaligus tapi dibagi dua. Yang pertama diberikan beberapa minggu setelah tandur. Sebelum pupuk diberikan air dikeluarkan hingga macak-macak, kemudian pupuk disebar diantara baris sambil diinjak kedalam lumpur.

Pemberian pupuk yang kedua diberikan dengan cara yang sama tapi beberapa minggu kemudian, setelah pemberian yang pertama.

Pupuk kalium diberikan bersama pemupukan P secara sebar rata.

Padang rumput

Sebaiknya padang rumput dipupuk pada saat ditanam. Pupuk dapat diberikan bersamaan dengan tanah dan dibenamkan .

Pemberiannya harus dilakukan hati-hati jangan sampai merusak bagian atas dan pangkal akar rerumputan.

Pohon-pohonan

Pohon buah-buahan atau perkebunan seperti karet biasanya dipupuk secara individuil.

Pupuk diberikan sekeliling batang. Jaraknya ditentukan oleh macam tanaman.

Pupuk dimasukkan kedalam tanah. Bila tanaman perlu dipupuk, maka pemupukan biasanya dilakukan sesaat sebelum menanam tanaman

6. 5. Inspeksi dan pengendalian pupuk

6.5.1.Nilai ekonomi pupuk

Nilai suatu pupuk ditentukan oleh kandungan haranya. Pemilihan apakah membeli pupuk majemuk atau tunggal, seperti NaNO_3 , $(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_4$, dan sebagainya adalah lebih memperhitungkan kadara hara yang dibutuhkan dalam jumlah tinggi.

Kadar analisa pupuk merupakan pilihan utama, karena semakin tinggi analisa kadarnya terutama dari pupuk majemuk, makin banyak hara yang dapat diperoleh setiap dolarnya.

Penggunaan pupuk majemuk beranalisa tinggi belum familiar digunakan di Indonesia. Para petani masih menggunakan pupuk tunggal yang kebetulan berkadar N dan P tinggi.

Pupuk majemuk dipakai oleh beberapa pengusaha perkebunan

besar. Macan pupuk yang digunakan sangat terbatas dan analisa yang umum mereka pakai 12-12-12 atau 20-20-20.

Harga pupuk persatuan unsur yang termurah adalah K, menyusul P dan kemudian N. Hal ini perlu diperhatikan bila membeli pupuk.

Kita dapat juga menghemat dengan membeli pupuk tunggal yang kemudian mengaplikasikannya secara terpisah kedalam tanah.

Untuk pupuk superfosfat biasanya diberikan secara tersendiri. Bila pupuk kandang tersedia, penggunaan superfosfat, kapur, dan pupuk kandang sangat dianjurkan.

Natrium nitrat dan $(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_4$ serta pupuk N serupa digunakan sebagai pupuk yang diberikan secara "top dressing" atau side dressing.

Pupuk dapat diberikan secara terpisah, asalkan cara pemberiannya tepat, dengan demikian biaya pencampuran dapat dihemat.

Salah satu kendala jika ingin mencampur sendiri pupuk adalah ketersediaan bahan baku yang ekonomis dan murah.

Disamping itu dibutuhkan pengetahuan khusus dalam metode pencampurannya, bergantung sifat dari pupuk itu sendiri.

Pencampuran juga membutuhkan bahan kodisioner agar campuran merata/homogen. Bahan ini juga

relatif sulit dipasarkan. Oleh karenanya alasan ekonomis untuk mencampur sendiri pupuk dinilai kurang ekonomis.

6.5.2. Pergerakan pupuk dalam waktu

Agar dapat mengetahui cara yang paling tepat untuk memberikan pupuk ke tanah maka terlebih dahulu kita harus mengetahui bagaimana gerakan dari pupuk tersebut dalam tanah.

Sebagai contoh fosfat merupakan hara yang tidak mobil, terkecuali pada tanah yang berpasir. Akibatnya, ia dapat diabsorpsikan tanaman secara efektif, pupuk tersebut harus ditempatkan dalam daerah perkembangan akar.

Pemberian melalui penyebaran diatas tanah, tidak mensuplai P bagi akar-akar tanaman yang tumbuhnya dalam.

Disamping imobilitas fosfat, jumlah pupuk yang diperlukan selama musim tanam, dan dapat hilang karena pencucian merupakan beberapa pertimbangan kapan pupuk harus diberikan.

Berbeda dengan kalium dan nitrogen (bentuk tertentu), kedua unsur ini bertendensi untuk mobil dan bergerak keluar dari daerah penempatan semula. Gerakan umumnya adalah vertikal, mengikuti gerakan air, apakah keatas atau kebawah.

Translokasi ini sangat mempengaruhi waktu dan cara penempatan N dan K. Misalnya sangatlah tidak disarankan untuk memberikan N sekaligus karena kemungkinan pencucian.

Pupuk nitrat dapat diberikan melalui "top dressing" disebar di atas permukaan tanah. Alasan ini digunakan karena sifatnya yang mudah larut dan bertendensi untuk bergerak ke bawah.

Gerakan nitrogen dan juga K perlu dipertimbangkan dalam penempatan pupuk, terutama ditinjau dari penempatan biji.

Bila pupuk ditempatkan secara larikan dibawah biji, gerakan garam keatas bersama air kapiler dapat merusak tanaman. Hujan setelah tanam yang kemudian disusul dengan musim kering panjang memungkinkan terjadinya kerusakan. Oleh karenanya jangan menempatkan pupuk langsung diatas biji atau dipermukaan tanah.

6.5. Inspeksi dan pengendalian pupuk

6.5.1. Nilai ekonomi pupuk

Nilai suatu pupuk ditentukan oleh kandungan haranya. Pemilihan apakah membeli pupuk majemuk atau tunggal, seperti NaNO_3 , $(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_4$, dan sebagainya adalah lebih memperhitungkan kadar hara yang dibutuhkan dalam jumlah tinggi.

Kadar analisa pupuk merupakan pilihan utama, karena semakin tinggi analisa kadarnya terutama dari pupuk majemuk, makin banyak hara yang dapat diperoleh setiap dolarnya.

Penggunaan pupuk majemuk beranalisa tinggi belum familiar digunakan di Indonesia. Para petani masih menggunakan pupuk tunggal yang kebetulan berkadar N dan P tinggi.

Pupuk majemuk dipakai oleh beberapa pengusaha perkebunan besar. Macan pupuk yang digunakan sangat terbatas dan analisa yang umum mereka pakai 12-12-12 atau 20-20-20.

Harga pupuk persatuan unsur yang termurah adalah K, menyusul P dan kemudian N. Hal ini perlu diperhatikan bila membeli pupuk.

Kita dapat juga menghemat dengan membeli pupuk tunggal yang kemudian mengaplikasikannya secara terpisah kedalam tanah.

Untuk pupuk superfosfat biasanya diberikan secara tersendiri. Bila pupuk kandang tersedia, penggunaan superfosfat, kapur, dan pupuk kandang sangat dianjurkan.

Natrium nitrat dan $(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_4$ serta pupuk N serupa digunakan sebagai pupuk yang diberikan secara "top dressing" atau side dressing.

Pupuk dapat diberikan secara terpisah, asalkan cara pemberiannya tepat, dengan

demikian biaya pencampuran dapat dihemat.

Salah satu kendala jika ingin mencampur sendiri pupuk adalah ketersediaan bahan baku yang ekonomis dan murah.

Disamping itu dibutuhkan pengetahuan khusus dalam metode pencampurannya, bergantung sifat dari pupuk itu sendiri.

Pencampuran juga membutuhkan bahan kodisioner agar campuran merata/homogen. Bahan ini juga relatif sulit dipasaran. Oleh karenanya alasan ekonomis untuk mencampur sendiri pupuk dinilai kurang ekonomis.

6.5.2 .Pergerakan pupuk dalam waktu.

Agar dapat mengetahui cara yang paling tepat untuk memberikan pupuk ke tanah maka terlebih dahulu kita harus mengetahui bagaimana gerakan dari pupuk tersebut dalam tanah.

Sebagai contoh fosfat merupakan hara yang tidak mobil, terkecuali pada tanah yang berpasir. Akibatnya, ia dapat diabsorpsi tanaman secara efektif, pupuk tersebut harus ditempatkan dalam daerah perkembangan akar.

Pemberian melalui penyebaran diatas tanah, tidak mensuplai P bagi akar-akar tanaman yang tumbuhnya dalam.

Disamping imobilitas fosfat, jumlah pupuk yang diperlukan selama musim tanam, dan dapat hilang karena pencucian merupakan beberapa pertimbangan kapan pupuk harus diberikan.

Berbeda dengan kalium dan nitrogen (bentuk tertentu), kedua unsur ini bertendensi untuk mobil dan bergerak keluar dari daerah penempatan semula. Gerakan umumnya adalah vertikal, mengikuti gerakan air, apakah keatas atau kebawah.

Translokasi ini sangat mempengaruhi waktu dan cara penempatan N dan K. Misalnya sangatlah tidak disarankan untuk memberikan N sekaligus karena kemungkinan pencucian.

Pupuk nitrat dapat diberikan melalui “top dressing” disebar di atas permukaan tanah. Alasan ini digunakan karena sifat nya yang mudah larut dan bertendensi untuk bergerak ke bawah.

Gerakan nitrogen dan juga K perlu dipertimbangkan dalam penempatan pupuk, terutama ditinjau dari penempatan biji.

Bila pupuk ditempatkan secara larikan dibawah biji, gerakan garam keatas bersama air kapiler dapat merusak pertanaman. Hujan setelah tanam yang kemudian disusul dengan musim kering panjang memungkinkan terjadinya kerusakan. Oleh karenanya jangan menempatkan pupuk langsung diatas biji atau dipermukaan tanah.

6.6. Penyimpanan dan pengawasan mutu pupuk

6.6.1. Penyimpanan pupuk

Penyimpanan pupuk merupakan suatu hal yang perlu diperhatikan, karena penyimpanan pupuk yang ceroboh dapat merusak, sifat kimia dan fisik pupuk.

Pupuk yang bersifat hidroskopis tidak boleh disimpan secara ceroboh, pupuk tersebut dapat menjadi lembab dan mencair atau bila kelembapan berkurang pupuk menjadi keras dan membentuk bongkah-bongkah besar sehingga sulit dalam hal aplikasinya.

Penyimpanan pupuk sering dilakukan digudang-gudang pelabuhan. Gudang daerah perkebunan dan koperasi unit desa.

Gudang Penyimpanan Pupuk

Letak gudang pupuk harus jauh dari api atau bahan yang mudah terbakar, dan gudang tidak boleh lembab.

Kelembapan di dalam gudang dapat menimbulkan penggumpalan pupuk atau mecairnya pupuk. Mencairnya pupuk akan mempercepat rusaknya karung pembungkus pupuk.

Selanjutnya pupuk mudah tercecer dan atau tercampur satu sama lain. Dalam mengatasi pengaruh kelembapan perlu adanya perhatian khusus dalam pembuatan gudang.

Gudang permanen atau gudang yang digunakan untuk penyimpanan pupuk dalam waktu yang lama, dinding dan lantainya harus dibuat dari beton. Lantai gudang harus dilapisi dengan bahan aspal atau bahan lain.

Bagi kios pupuk, koperasi unit desa yang menyimpan pupuk dalam waktu pendek, dinding gudang hendaknya dibuat dari seng, jika lantai terbuat dari semen maka harus diberi alas balok berjarak 0.5-1m.

Atap gudang tidak boleh bocor agar pupuk tidak terkena hujan yang dapat merusak sifat fisik kimia pupuk.

Pupuk yang mengandung asam keras akan menghancurkan karung pembungkus pupuk, akibatnya pupuk tercecer bersatu sama lain dan terjadi reaksi kimia yang mengurangi mutu pupuk.

Pintu gudang hendaknya diletakkan pada dua bagian sisi gudang sehingga memudahkan pengambilan pupuk persediaan lama dan memudahkan pula penyimpanan pupuk yang baru datang serta dapat dipisahkan secara mudah terhadap letak pupuk.

Peredaran udara dalam gudang diusahakan sebaik mungkin dan selalu segar, oleh karenanya dibutuhkan beberapa ventilasi yang pembukaan dan penutupannya dapat diatur sedemikian rupa sesuai dengan kondisi cuaca.

Tidak dibenarkan untuk mencapur gudang untuk pupuk dengan gudang untuk biji-bijian atau benih atau sebagainya, karena dapat mempengaruhi kualitas pupuk.

Dalam hal penyimpanan pupuk sebaiknya dilakukan pemisahan antara jenis pupuk yang satu dengan lainnya. Hal ini selain memudahkan pengawasan juga untuk menjaga mutu pupuk.

Tumpukan dalam gudang

Tumpukan dalam gudang yang terlalu tinggi akan menyebabkan rusaknya karung, dan tidak stabilnya tumpukannya.

Pupuk yang dibagian bawah akan mengalami tekanan yang cukup tinggi sehingga mengakibatkan pupuk menjadi keras.

Oleh karenanya dalam hal tumpukan pupuk yang perlu diperhatikan adalah:

- *Letak tumpukan*

Harus ada jarak cukup lebar antara tumpukan satu dengan lainnya dan juga letak tumpukan pupuk dengan dinding gudang. Hal ini penting disamping memudahkan pekerja dalam hal menumpuk juga menghindari kelembaban yang tinggi jika menempel pada dinding gudang.

- *Karung yang ditumpuk*

Tingginya tumpukan karung harus mempunyai ukuran, berat, isi dan bahan yang bagian mulut karung mengarah ke dalam. Cara ini

memberikan tumpukan yang mantap serta tidak mudah roboh.

- *Tinggi tumpukan*

Tinggi tumpukan bergantung pada alat apa yang digunakan sewaktu melakukan pekerjaan penumpukan. Bagi yang menggunakan alat tumpukan dapat mencapai 20 karung, akan tetapi jika dengan tenaga manusia hanya 10 tumpukan.

6.6.2 Pengawasan mutu pupuk

Pengawasan mutu pupuk mempunyai arti segala-galanya bagi petani dalam proses peningkatan produksi pertanian.

Jaminan mutu pupuk, baik fisik maupun kimia dalam pupuk harus dicantumkan pada bagian luar kemasan yang berisikan:

- Berat bersih
- Nama dan cap perusahaan pupuk tersebut
- Komposisi kimia atau persentase kandungan hara pupuk
- Potensial kemasaman pupuk
- Nama dan alamat produsen pupuk

6.7. Manajemen pupuk dan pemupukan

Manajemen pemupukan yang baik akan menghasilkan peningkatan produksi secara kualitas dan kuantitas.

Dari beberapa hasil penelitian memperlihatkan pemberian pupuk yang membabi buta tanpa melakukan manajemen yang benar menghasilkan pengrusakan lingkungan.

Keuntungan dari melakukan manajemen pemupukan adalah:

- Dihasilkan paket pemupukan yang efisien dan efektif
- Perhitungan ekonomi yang tinggi pada untung rugi penggunaan pupuk
- Memperkecil kerusakan lingkungan
- Lebih fleksibel, dan bersifat spesifik bergantung pada jenis tanah atau media tumbuh tanaman, dan sistem pertanian yang digunakan.
- Jaminan keamanan dan kualitas makanan
- Peningkatan mutu produksi
- Melindungi tanah dan air dari kerusakan

Langkah-langkah dalam manajemen praktis pemupukan adalah sebagai berikut:

- Memilih jenis tanaman yang paling sesuai dengan kondisi lingkungan dimana tanaman tersebut akan ditanam
- Siapkan media tumbuh yang baik sehingga tidak mengganggu kelancaran proses perkecambahan .
- Gunakan Benih dan bibit yang berkualitas
- Waktu tanam yang tepat agar tanaman lebih mampu beradaptasi pada lingkungannya.
- Pengelolaan air yang baik

6.7.1 Manajemen hara N

Hara N dibutuhkan tanaman untuk mendukung pertumbuhannya serta menentukan kualitas hasilnya. Berdasarkan kedua fungsi inilah pemupukan N pada tanaman dilakukan tidak satu kali, bahkan sering petani memberikan pupuk N yang berlebihan.

Tujuan yang ingin dicapai dari pemupukan N yang kita lakukan adalah tidak merusak lingkungan karena berlebihan, segera tersedia untuk dapat diambil tanaman, dan sesuai dengan kebutuhannya.

Langkah awal dari manajemen pemupukan N adalah mengetahui *status nitrogen tanah* atau N dalam media tumbuh.

Disamping itu kita juga harus mengetahui *status N dalam air irigasi*, terutama untuk pertanian lahan basah. Dengan mengetahui kandungan hara yang dikandung air irigasi maka kita akan memberikan pupuk N yang lebih tepat jumlahnya.

Analisa tanaman juga dapat membantu untuk mengetahui konsentrasi hara dalam tanaman.

Berdasarkan ketiga hal diatas (status N tanah, N pada air irigasi, dan analisa tanaman) kita membuat berapa yang keluar/ diambil tanaman dan sejumlah berapa yang harus kita tambahkan

Hal yang tidak kalah pentingnya adalah pemanfaatan jasad penambat nitrogen, dan faktor-faktor yang menghambat proses penambatan N tersebut.

Adalah lebih baik jika kita menggunakan pupuk N yang lambat tersedia, sehingga N yang diberikan tidak hilang ataupun tercuci.

Waktu yang tepat pemberian N membantu agar N yang diberikan dapat diambil tanaman pada waktu dibutuhkan.

Beberapa jenis tanaman lebih menyukai pemberian pupuk N melalui daun. Nitrogen yang diaplikasikan melalui daun dapat segera diambil tanaman. Hasil penelitian menunjukkan lebih 50%

nitrogen dapat diambil setelah 60 menit diaplikasikan melalui daun dan lebih 90% setelah 24 jam diaplikasikan. Teknik ini lebih efisien untuk menghindari kehilangan N yang diberikan.

6.7.2. Manajemen pupuk P

Pupuk posfor tidak sama dengan pupuk nitrogen, umumnya pupuk ini lambat tersedia. Pergerakan pupuk ini yang relatif lambat menyebabkan pergerakannya tidak begitu jauh dari pupuk ditempatkan.

Manajemen pemberian pupuk P dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- *Analisa tanah*

Hasil analisa yang akurat memberikan langkah yang tepat mengenai berapa jumlah P yang harus ditambahkan.

- *Pemberian yang wajar*

Pupuk P dalam tanah mudah berubah ke dalam bentuk P yang tidak tersedia bagi tanaman. Oleh karenanya upaya mengurangi bidang kontak pupuk ini dengan tanah merupakan usaha untuk dapat meningkatkan ketersediaan posfor. Metode penyebaran dalam barisan tanaman merupakan metode yang efektif dalam penggunaan pupuk ini. Pupuk ini juga dapat diaplikasikan melalui air irigasi.

- *Analisa tanaman*

Kandungan P dalam tanaman merupakan gambaran ketersediaan P dalam larutan tanah. Berdasarkan kandungan P yang ada dalam jaringan tanaman dan dibandingkan dengan P dalam tanah, kita dapat menduga jumlah P yang harus ditambahkan

6.7.3. Manajemen kalium

Kalium lebih mobil dibandingkan dengan pergerakan hara lainnya.

Langkah-langkah yang ditempuh dalam manajemen pupuk kalium ini adalah:

- Analisa tanah
 - Pemberian posfor yang sewajarnya
 - Analisa tanaman
3. Pemberian pupuk padat pada tanaman perkebunan dilakukan melalui..... dan hal hal apa yang harus diperhatikan
 4. Menurut pendapatmu mana lebih menguntungkan penggunaan pupuk majemuk atau tunggal.
 5. Tuliskan cara-cara penyimpanan pupuk berdasarkan bentuknya
 6. Gambar dibawah ini adalah gambar pemupukan pada tanaman karet belum menghasilkan. Jelaskan kedua gambar dibawah ini



6.8. Evaluasi

Isilah titik-titik di bawah ini dengan benar.

1. Menurut pendapatmu mana yang lebih besar pengaruh negatifnya jika kita memberikan pupuk berlebih pada tempat yang terbuka dibandingkan dalam pot
2. Kekurangan suatu hara dapat diduga hanya dengan analisa tanaman? Jelaskan



BAB VII

SUMBER AIR BAGI PERTANIAN (IRIGASI)

7.1. Pengertian Irigasi

Irigasi secara umum didefinisikan sebagai pemberian air kepada tanah dengan maksud untuk memasok kelembaban tanah esensial bagi pertumbuhan tanaman.

Tujuan umum irigasi adalah:

1. Menjamin keberhasilan produksi tanaman dalam menghadapi kekeringan jangka pendek
2. Mendinginkan tanah dan atmosfer sehingga akrab dengan pertumbuhan tanaman
3. Mengurangi bahaya cekaman kekeringan
4. Mencuci atau melarutkan garam dalam tanah
5. Melunakkan lapisan olah dan gumpalan-gumpalan tanah

Secara implisit tujuan umum irigasi tersebut mencakup pula kegiatan drainase pertanian terutama berkaitan dengan tujuan mencuci dan melarutkan garam tanah.

7.2. Air permukaan tanah

Seluruh keperluan air bagi tanaman dan untuk kelembaban tanahnya dicukupi oleh ketersediaan air pengairan yang berasal dari *air*

permukaan dan *air tanah*. Sumber air permukaan yaitu sungai, danau, waduk dan curah air hujan, sedang sumber air tanah yaitu *air tanah bebas* dan *air tanah tertekan*. Ketersediaan air pengairan bagi pertanian itu berbeda-beda tergantung pada:

- Musim
- Lokasi sumber air
- Usaha-usaha konservasi air.

Tanaman yang mengalami kekurangan air akan mengalami cekaman kekeringan.

Beberapa tipe dari cekaman adalah sebagai berikut:

1. Tipe meteorology
2. Tipe Hidrologi
3. Tipe pertanian
4. Tipe Sosial ekonomi

Kekeringan meteorology, adalah cekaman kekeringan yang disebabkan keterbatasan curah hujan yang berkepanjangan.

Kekeringan dapat dinyatakan sebagai suatu keadaan dimana berkurangnya jumlah air disebabkan oleh menurunnya daya dukung tanah terhadap ketersediaan air.

Pada kondisi ini tanah yang berfungsi sebagai tempat cadangan penyimpan air tidak dapat melaksanakan fungsinya.

Kekeringan hidrologi, adalah kekeringan yang berasosiasi dengan efek periode singkat dari curah hujan.

Dalam hal ini air pada pool cadangan seperti pada reservoir dan sungai tidak mencukupi untuk semua kebutuhan dari makhluk yang membutuhkannya. Hal ini dapat juga disebabkan oleh tidak adanya kontrol terhadap peredaran air (*siklus hidrologi*).

Kekeringan sosial ekonomi, adalah keadaan perubahan sosial ekonomi masyarakat yang disebabkan oleh keterbatasan air. Jumlah dan kualitas air yang tidak mencukupi berakibat pada rendahnya hasil pertanian atau bahan makanan sehingga menyebabkan perubahan tatanan sosial masyarakat.

Walaupun curah hujan di Indonesia relatif cukup tinggi, tetapi ketersediaannya perlu diperhitungkan secara kualitas dan kuantitas.

Ketersediaan air pengairan yang cukup banyak dan bebas dari pencemaran dan bahan-bahan buangan yang tidak dapat meracuni tanaman merupakan pilihan untuk pengairan yang dapat dapat dimanfaatkan.

Oleh karenanya untuk mempertahankan ketersediaan air perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a. Debit yang memadai
- b. Berkualitas menurut pandangan dari segi

pertanian atau jelas nya cukup mengandung unsur-unsur hara bagi tanaman dan unsur-unsur mineral bagi kesuburan tanah.

Indonesia dan seluruh daerah tropika curah hujan merupakan sumber yang pokok bagi tersedianya air pengairan terutama air permukaan.

Air hujan yang tercurah pada suatu daerah sebagian akan *terinfiltrasi* melalui pori-pori tanah ke dalam tanah dan sebagian lagi karena daya resap pori-pori tanah tidak memungkinkan akan membentuk aliran air permukaan (*run off*) yang terus mengalir ke bawah dan masuk ke sungai-sungai.

Aliran air permukaan biasanya mengangkut unsur-unsur hara dari tanah di bagian atas ke tanah bagian bawah atau langsung terangkut ke dalam sungai yang selanjutnya ke muara dan laut atau menyampaikannya ke danau-danau atau waduk-waduk yang telah dibuat.

Air sungai, danau atau waduk yang demikian kalau diuji biasanya menunjukkan kualitas air yang banyak mengandung unsur hara yang penting bagi tanaman.

Air hujan yang terinfiltrasikan ke dalam tanah sebagian akan mengalir kembali ke luar dari tanah dan masuk ke sungai-sungai tetapi sebagian akan bertahan sementara di dalam tanah dan selanjutnya sedikit demi sedikit air tanah akan ke luar pula melalui mata air ke

permukaan tanah dalam jangka waktu yang relatif lama.

Air tanah ini menjamin terpenuhinya kebutuhan manusia akan air minum dan lain-lain.

Dalam kaitan dengan Bergeraknya air pada lapisan permukaan tanah dan dalam lapisan bawah tanah, kita mengenal istilah-istilah:

- interflow
 - ground water
 - ground water run off.
- a. *interflow*, yaitu aliran air yang meresap ke lapisan tanah permukaan dan kemudian mengalir kembali ke luar dari lapisan tanah permukaan tersebut ke permukaan tanahnya
- b. *ground water*, yaitu air tanah atau jelasnya air permukaan yang meresap ke dalam tanah dan berkumpul di bagian lapisan bawah tanah yang kemudian sedikit demi sedikit akan ke luar melalui mata air
- c. *ground water run off*, yaitu limpasan air tanah.

Hujan yang turun pada suatu atau beberapa daerah selanjutnya akan mengalir dan masuk ke dalam parit-parit, selokan-selokan, sungai-sungai kecil dan menyatu dalam sungai besar, untuk seterusnya mengalir ke muara/laut atau ke danau.

Jadi sungai tersebut berfungsi mengumpulkan dan mengalirkan curahan air hujan dari suatu daerah lairan sungai (DAS).

7.3. Air Tanah

Daerah penampungan (*reservoir*, *reservation*) air tanah terdapat di lapisan bagian bawah tanah, tepatnya di dalam lapisan padat atau batuan yang sarang yang biasanya terbentuk dari bahan-bahan pasir dan kerikil, tufa vulkanis, batu gamping dan beberapa bahan lainnya.

Lapisan penampungan air tanah ini selanjutnya dikenal sebagai *lapisan pengandungan air* atau *aquifer*, air yang terkumpul disini mudah bergerak dari tempatnya yang lebih tinggi ke tempat-tempat yang lebih rendah.

Berkaitan dengan kondisi dan letaknya di dalam tanah, lapisan pengandung air (*aquifer*) tersebut biasanya dibedakan menjadi sebagai berikut :

- a. lapisan pengandung air tanah yang bebas atau tidak terbatas (*unconfined aquifer*). Lapisan ini di bagian bawahnya terdapat/ dibatasi oleh lapisan kedap air, sedang disebelah atasnya berupa muka air yang berhubungan dengan atmosfer.
- b. Lapisan pengandung air tanah yang tertekan/ terbatas (*confined aquifer*). Lapisan ini di bagian atas dan di bagian bawahnya dibatasi oleh lapisan kedap air.

- c. Lapisan pengandung air tanah tumpang (*perched aquifer*). Lapisan ini terletak di atas lapisan kedap air yang tidak begitu luas, berada pada zona aerasi di atas water table. Karena volume air pada lapisan ini mengandung air tanah tidak banyak maka *perched aquifer* kurang dapat diandalkan sebagai sumber air.

Pemanfaatan air tanah untuk pengairan dengan memanfaatkan air yang berasal dari mata air dengan teknik penyedotan sampai saat ini masih terbatas.

Umumnya pengairan yang dilakukan adalah dengan memanfaatkan aliran sungai.

Alasan keterbatasan penggunaan air sumber mata air ini adalah:

- a. Kebanyakan lapisan pengandung air tanah berada jauh di dalam tanah, yang sulit untuk penggaliannya
- b. Penggunaan alat penyedot air memerlukan biaya yang tidak kecil bagi ukuran hidup para petani.
- c. Menghindari mengeringnya sumber-sumber air tanah (*konservasi air*)
- d. Kesadaran para petani sehubungan dengan pengetahuannya yang meningkat, bahwa penggunaan air tanah yang berlebihan dapat mengakibatkan :

- (1) penurunan permukaan tanah;
- (2) perembesan air asin, yang dapat berakibat tidak dapat dimanfaatkannya air tanah tersebut.

Pengambilan air tanah untuk kepentingan pengairan pertanian hanya dilakukan terbatas dan itupun hanya dilakukan di beberapa daerah tertentu, pada saat-saat musim kemarau.

Penggunaan air tanah yang terus menerus secara berlebihan, akan mengakibatkan perembesan air laut ke daratan melewati garis pantai.

Dengan berkembangnya pembangunan industri-industri besar di daerah-daerah perkampungan, para pengusaha industri dituntut agar tidak menggunakan air tanah secara berlebihan.

Secara ringkas bagaimana pergerakan air di muka bumi ini digambarkan pada Gambar 40 dibawah ini .

7.4. Daerah aliran sungai (DAS)

Sebagai telah dikemukakan, sungai berfungsi sebagai penyalur air hujan pada suatu daerah aliran sungai. Demikian pentingnya nilai daerah aliran sungai tersebut, terutama bagi pertanian dan pencegahan-pencegahan peluapan air.

Pemeliharaan kawasan ini perlu diupayakan secara serius agar tidak terjadi kerusakan lingkungan.

Daerah aliran sungai berdasarkan pola-polanya dibedakan menjadi :

- a. Daerah aliran sungai dengan pola "*Bulu Burung*".

Di daerah aliran sungai ini selain terdapat sungai utama, tidak jauh daripadanya, disebelah kiri dan kanan terdapat pula sungai-sungai kecil atau anak-anak sungai.

Sewaktu hujan mengguyur daerah ini anak-anak sungai akan berfungsi pula mengalirkan air hujan yang mengalir ke dalamnya, dengan demikian debit air yang meluap pada sungai utama dan anak-anak sungainya akan tetap kecil, dengan demikian walaupun terjadi banjir akan berlangsung lambat, sedang pembuangannya berlangsung cepat.

- b. Daerah aliran sungai dengan pola "*Radial/Melebar*". Di daerah aliran sungai inipun terdapat sungai utama/ besar, dengan beberapa anak sungainya, hanya anak-anak sungai tersebut melingkar dan akan bertemu dengan sungai utamanya pada suatu titik (daerah), sehingga kalau digambarkan akan berbentuk bagaikan kipas. Berkumpulnya curah hujan di daerah aliran sungai ini, dengan sebagian mengalir dan sebagian mengalir ke sungai utama dan terbagi lagi ke anak-anak sungainya, yang kemudian bertemu pada suatu titik/ suatu daerah, akan mengakibatkan banjir besar di daerah pertemuan tersebut.

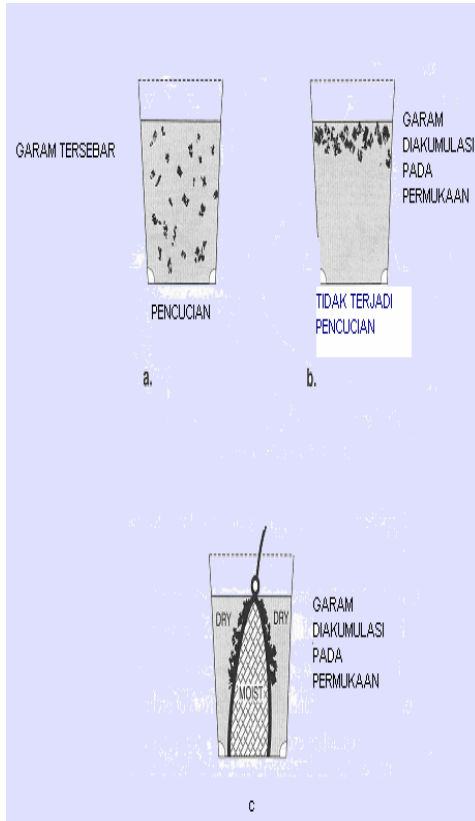
- c. Aliran sungai dengan pola "*Paralel/Sejajar*". Daerah aliran sungai ini terdiri dari 2 jalur daerah aliran, yang memang paralel, yang dibagian hilir keduanya bersatu sehingga merupakan satu sungai besar. Sewaktu curah hujan mengguyur daerah-daerah di sekitar aliran sungai tersebut, maka pada daerah hilir dimana terjadinya pertemuan tadi akan terjadi peluapan-peluapan air yang cukup besar.

Terjadinya peluapan-peluapan air (banjir) seperti dikemukakan di atas memang di daerah-daerah tertentu dapat membawa dan menyampaikan unsur-unsur hara dan atau mineral tertentu yang dapat menyuburkan tanaman dan tanahnya, akan tetapi jika dibandingkan dengan kerugian yang ditimbulkan (seperti erosi, pelongsoran, tersapunya tanaman yang dibudidayakan, hancurnya rumah-rumah penduduk, dan lain-lain) maka kerugian itu adalah jauh lebih besar.

Terlebih lebih kalau akibat pengikisan-pengikisan tanah lapisan permukaan tadi mengakibatkan bagian-bagian tanah yang tersisa menjadi sangat kurus/tidak produktif, sangat melarat akan unsur-unsur hara dan mineral yang diperlukan tanaman.

Karena itulah maka perlindungan terhadap daerah-daerah aliran sungai perlu diperhatikan.

Gambar 42 berikut merupakan ilustrasi bagaimana drainase mempengaruhi ketersediaan dan pola penyebaran hara.



Gambar 42. Manajemen pengairan merubah distribusi garam tanah

7.5. Sistem Pengambilan dan pemberian Pengairan bagi Lahan Pertanian

Air yang tersedia di alam tidak seluruhnya dapat dimanfaatkan bagi kepentingan pengairan tanaman, seperti air yang salinitasnya tinggi,

air yang asam, air yang tercemar, dan lain sebagainya.

Jadi air bagi pengairan lahan-lahan pertanian sifat dan kualitas air pengairan itu sangat berpengaruh dan menentukan.

Pengolahan tanah yang baik, pemberian pupuk yang sempurna dan pemakaian bibit-bibit tanaman unggul dalam usaha pertanaman akan tetapi kalau air pengairannya mempunyai salinitas ataupun kemasaman yang berpengaruh, maka pertumbuhan tanaman tidak mungkin terjamin, bahkan kemungkinan pula tidak terjadi pertumbuhan tersebut.

Untuk menilai sifat dan kualitas air perlu diketahui konsentrasi total serta konsentrasi bahan-bahan tertentu yang terkandung dalam air pengairan (irigasi).

Konsentrasi garam total merupakan kriteria tunggal yang terpenting.

Kalau kemasaman tanah akibat pengaruh dari air pengairan yang masam masih dapat diatasi dengan pemberian bahan-bahan kapur pertanian secukupnya, akan tetapi jika tingkat salinitasnya tinggi maka sulit dilakukan pengelolaannya.

Penggunaan air dengan kadar salinitas tinggi dibutuhkan penanganan khusus seperti pencucian atau dihindari pemakaiannya.

7.5.1. Klasifikasi Air pengairan

Kualitas air pertanian yang perlu diperhatikan adalah kandungan zat-zat yang terdapat pada air tersebut.

Yang perlu dinilai kandungan zat-zat pada air pengairan tersebut adalah sebagai berikut:

- Zat atau unsur garam yang melarut dalam air pengairan, yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Kadar garam total ini dinyatakan dalam suatu ppm atau sebagai tingkat DHL (Daya Hantar Listrik) dalam satuan micr/cm.
- Kadar natrium dalam air tanah kadarnya relatif tinggi dibanding dengan kation-kation lain dan dapat mengakibatkan perubahan sifat fisik dan kimiawi dalam tanah.

Dalam penilaian air irigasi ini turut menjadi perhatian adalah berhubungan dengan kandungan kimia dari unsur-unsur berbahaya yang biasa disebut SAR.

US Salinity Laboratory Staff mengemukakan cara menghitung SAR dengan rumus sebagai berikut :

SaR:

$$\frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}}$$

Dengan rumus ini kadar kation dinyatakan dalam satuan miliekuivalen tiap liter.

Unsur Boron yang merupakan salah satu bahan peracun (phytotoxic) dalam kadar yang relatif tinggi, ternyata sangat menghambat pertumbuhan tanaman.

Selanjutnya, dilakukan pengamatan mengenai klasifikasi air pengairan (irigasi) menurut penilaian US Salinity Laboratory Staff dan menurut SCOFIELD.

Klasifikasi air pengairan berdasarkan nilai SAR menurut perhitungan US Salinity Laboratory Staff, disusun dalam Tabel 6.

US Salinity Laboratory Staff selanjutnya mengemukakan metode tentang klasifikasi air pengairan berdasarkan penilaiannya terhadap:

- Tingkat DHL (Daya Hantar Listrik)
- Kadar garam total
- Persentase natrium dan kadar unsur boron, yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

Hasil pengamatan ini kemudian diklasifikasikan atas beberapa kelas yaitu:

- Klasifikasi 1 (Kelas 1) menggolongkan air pengairan (irigasi) yang baik sekali bagi pemanfaatannya di bidang pertanian
- Klasifikasi 2 (Kelas 2) masih menyatakan cukup baik

- Klasifikasi 3 (Kelas 3) perlu dihindari karena dapat banyak merugikan (Tabel 7).

$$\% \text{Na}^+ = \frac{\text{Na}^+}{\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}} \times 100\%$$

Seluruh kadar kation-kation dalam perhitungan ini dinyatakan dalam satuan miliekuivalen/liter.

Air pengairan yang tergolong baik sekali (Kelas 1) dalam keadaan normal dapat diberikan kepada relatif semua jenis tanaman, sedangkan kelas 2 baik untuk jenis tanaman tertentu saja.

Sedang air pengairan yang tergolong kelas 3 adalah yang kurang baik bagi pertumbuhan tanaman sehingga air pengairan ini perlu dicegah bagi usaha pertanian.

Scofield mengemukakan hasil penilaiannya yang lebih terperinci terhadap klasifikasi air irigasi.

Dalam hal ini mereka melakukan penilaian tidak hanya berdasarkan kadar natrium, garam total dan DHL, akan tetapi lebih terperinci.

Klasifikasi air menurut *Scofield* berdasarkan atas :

- Tingkat DHL
- Kadar garam total
- Persentase Na^+ ,
- Kadar ion-ion Chlorida dan Sulfat
- kandungan unsur boron,

Berdasarkan penilaiannya terhadap air irigasi tersebut maka dapat digolongkan menjadi 5 kelas seperti pada Tabel 8.

Tabel 6 Klasifikasi air pengairan berdasarkan nilai SAR (Bandingan adsorpsi natrium).

Kelas air	AIR	Nilai SAR	Penjelasan
1		0-8	Baik sekali
2		8-18	Baik
3		16-26	Kurang Baik
4		>26	Buruk

Tabel 7 Klasifikasi air irigasi menurut US Salinity Laboratory

Kelas air	DHL	Kadar garam	Na ⁺	Boron
R	(Micr/cm)	total (ppm))	(%)	(ppm)
1	0 – 1000	0 – 700	0 – 60	0,0 – 0,5
2	1000 3000	700 – 2000	60– 75	0,5 – 2,0
3	> 3000	> 2000	> 75	> 2,0

Tabel 8. Klasifikasi air pengairan (irigasi) menurut Scofield

Kls air	DHL (Mier/cm)	Na+ (%)	Cl-SO4 (ppm)	Boron (ppm)	Penjelasan
1	0-250	0-20	0-4	0,00-0,67	sangat baik
2	250-750	20-40	4-7	0,67-1,33	baik
3	750-2000	40-60	7-12	1,33-2,00	agak baik
4	2000-3000	60-75	12-30	2,00-2,50	kurang baik
5	3000	>75	> 30	2,50	kurang sesuai

SUMBER : Irigasi dan Drainase, *DEPDIBtJD,1982*

Penelitian tentang sifat dan kualitas air pengairan, biasanya para peneliti mengambil sample air sungai, air saluran irigasi, sumur ataupun mata air, sekitar 2 liter dan kemudian ditaruh pada bejana plastik.

Baru dilakukan analisis meliputi:

- penentuan kation dan anion
- pH
- DHL (daya hantar listrik)
- Kandungan lumpurnya.

7.5.2. Beberapa cara dalam pengambilan air pengairan

Dalam pemilihan sumber air pengairan (irigasi) agar air dapat disalurkan dari sumbernya ke daerah-daerah pertanian, maka faktor lokasi sumber air dan teknik pengambilannya.

Di dalam menentukan lokasi sumber harus terpikirkan:

1. Debit yang mantap yang yang diperhitungkan dapat mencukupi kepentingan/kebutuhan air tanaman
2. Kualitas air yang cukup baik, bagi penunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman;

3. Lokasi sumber air dekat atau tidak seberapa jauh dari areal pertanian yang membutuhkannya serta mudah dalam pengambilannya.

Di dalam teknik pengambilan dan penyalurannya dapat menggunakan teknik pembuatan dam (bendungan), penggunaan alat-alat yang sederhana, atau penggunaan pompa air.

1. Pembuatan dam (bendungan).

Dam atau bendungan dibuat dengan maksud agar air sungai yang terbandung itu dapat dinaikkan air permukaannya dengan demikian pengambilan atau penyalurannya ke areal pertanian akan lebih mudah. Biasanya untuk kepentingan air ini permukaan yang terbandung dihubungkan dengan parit-parit atau saluran yang dirancang dan dibuat menyebar ke lahan-lahan pertanian.

2. Penggunaan alat-alat yang sederhana

Di beberapa daerah tertentu di Jawa dalam usaha mengairi lahan pertaniannya, para petani menggali sumur-sumur dan dengan menggunakan timba air diambil dan digunakan untuk mengairi pertanamannya.

Apabila lahan-lahan pertaniannya berbatasan dengan saluran atau jaringan irigasi, tetapi letak lahan pertaniannya sedikit lebih tinggi dari permukaan air pada saluran/jaringan, para petani menggunakan bor untuk

mengalirkan air ke areal pertanamannya.

3. Penggunaan pompa air (*water pump*)

Usaha pengambilan atau penyaluran air pengairan dapat dilakukan pula dengan membuat sumur pompa atau pemompaan air sungai yang letaknya atau permukaan airnya, sedikit lebih rendah dari kedudukan lahan pertanian. Pompa yang sering digunakan untuk kepentingan pertanian yaitu : *Centrifugal water pump* (pompa pusungan) dan *Propeller water-pump* (pompa baling-baling), digerakkan oleh motor disel.

Pemberian air pengairan dengan cara-cara tersebut di atas dapat diambil dari sumber airnya yang kemudian disalurkan ke lahan pertanian. Usaha demikian tampaknya mudah, akan tetapi dalam prakteknya sering menimbulkan kesulitan dan masalah.

Keterbatasan curah hujan (pada musim kering) akan mengakibatkan air pengairan pada lahan pertanian petani lain dan keterbatasan jumlah air ini menghambat pengaliran air ke areal lainnya.

Hambatan tersebut dapat juga disebabkan oleh berbagai kondisi alami dan aturan-aturan yang dibuat manusia sendiri.

7.5.3. Beberapa cara pemberian air pengairan

Pemberian air irigasi pada lahan pertanian dapat dilakukan dengan beberapa cara dan disesuaikan dengan:

1. Perancangan lahan-lahan pertanian
2. Kebutuhan tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangannya.

Pemberian air pengairan pada permukaan tanah tujuannya adalah melakukan pembasahan di sekitar lapisan olah tanah (top soil).

Dengan dilakukannya pengairan ini selain memudahkan pengolahan tanah, juga menambahkan unsur-hara yang terkandung dalam air irigasi ke dalam tanah serta memudahkan akar-akar tanaman untuk dapat mengambil/menyerapnya.

Cara pemberian air pengairan pada permukaan tanah dapat dibedakan menjadi:

7.5.3.1. Cara penggenangan (flooding)

Cara penggenangan adalah cara pemberian air ke lahan pertanian sehingga menggenangi permukaan tanahnya.

Cara penggenangan ini dapat dikelompokkan atas:

1. Penggenangan secara bebas

2. Penggenangan secara terbatas, seperti pada petak-petak pertanaman yang dibatasi dengan galengan-galengan, contohnya pada petak-petak persawahan.

7.5.3.2. Cara penyaluran air di antara bedengan

Kalau lahan pertanaman dirancang secara bedengan (lebar bedengan biasanya antara 1,5 m sampai 2 m) yang pada batas tiap bedengan dibuatkan parit kecil yang sangat dangkal, maka air pengairan dapat disalurkan ke dalamnya.

Dengan cara demikian penggunaan air pengairan dapat dikurangi, karena tidak seluruh permukaan tanah harus diairi seperti halnya pada cara penggenangan.

7.5.3.3. Cara penyaluran air di antara larikan/baris tanaman

Larikan bentuknya hampir sama dengan bedengan, bedanya adalah dalam hal lebarnya, lebar larikan hanya sekitar 0,5 m dan tiap larikan hanya dapat ditumbuhi satu barisan/sederetan tanaman, sedangkan satu bedengan dapat ditumbuhi 4 atau 5 barisan/deretan tanaman.

Air pengairan dialirkan pada alur-alur kecil yang membatasi tiap larikan.

Cara **7.5.3.1** dan **7.5.3.3.** banyak dilakukan bagi lahan-lahan pertanaman padi.

Akan tetapi untuk pertanaman tembakau, bawang merah atau putih, kacang-kacangan, sayur-sayuran, tebu dan sebagainya cara pengairan **7.5.3.2.** lebih efisien digunakan.

Cara penggenangan air pada petak-petak persawahan dilakukan pula dengan cara yang berbeda, yaitu:

a. *Penggenangan secara terus-menerus, tetapi bersikulasi*

Cara ini dilakukan dengan melakukan penggenangan secara terus menerus. Akan tetapi airnya terus mengalir, air yang lama ke luar petak diganti dengan aliran baru.

Cara ini biasanya dilakukan pada daerah persawahan dengan persediaan air pengairan yang mencukupi. Dengan cara ini biasanya tanaman lebih terjamin kebutuhan air nya.

Namun demikian ada kekurangannya:

- 1) Efisiensi pengairan rendah karena banyak nya air yang terbuang melalui aliran permukaan
- 2) Sebagian unsur-unsur hara yang terkandung dalam air pengairan akan teralirkan terus tanpa dimanfaatkan oleh tanaman.

b. *Penggenangan secara terus menerus dan keadaan airnya tidak mengalir.*

Cara ini dapat dilakukan pada daerah-daerah persawahan yang persediaan air pengairannya tidak banyak dan di perkirakan tidak bakal mencukupi kalau aliran air permukaan berlangsung terus.

c. *Pemberian air pengairan secara terputus-putus.*

Pengertian ini dalam interval tertentu selama beberapa hari dilakukan penyaluran/penggenangan kemudian berhenti dan berulang lagi begitu seterusnya selama musim pertanaman.

Biasanya cara demikian dilakukan dengan maksud memperbaiki aerasi tanah dan menghemat pendayagunaan air pengairan, efisiensi penggunaan air yang cukup tinggi, kehilangan air melalui perkolasi dan aliran permukaan sekitar 20-30%.

Keuntungan yang diperoleh dengan menerapkan cara ini adalah :

1. Efisiensi penggunaan air cukup tinggi;
2. Air pengairan dapat dihemat;
3. Pemberian air dapat dilakukan secara teratur dan merata;
4. Dapat memperbaiki aerasi tanah pada zona perakaran; terjadinya penambahan

unsur-unsur hara dalam tanah yang mudah diserap oleh akar tanaman.

Namun demikian, kekurangannya ada pula, yaitu:

1. Diperlukannya biaya yang lebih besar bagi pengaturan air yang intensif dan penggunaan lebih banyak tenaga
2. Penekanan terhadap pertumbuhan gulma (tanaman pengganggu) kurang efektif.

7.5.3.1. Cara penyaluran air di bawah tanah

Sesuai dengan perancangan lahan/petak pertanaman yang tidak memerlukan penggenangan air pada permukaan tanah, maka dapat dilakukan pemberian air pengairan dengan cara mengalirkannya pada parit-parit pembatas lahan pertanaman yang keadaannya cukup dalam.

Cara ini hanya dapat dilakukan dengan baik pada areal pertanaman yang datar di mana terdapat lapisan kedap air atau permukaan air tanah yang relatif dangkal.

Cara ini dapat pula dilakukan dengan mengalirkan air pengairan pada pipa-pipa besi/paralon yang dibenamkan di bawah permukaan tanah sekitar lahan-lahan pertanaman tersebut, hasilnya sama seperti di atas.

Penggunaan cara ini akan kurang efektif dan efisien, rumit dan memerlukan biaya kalau diterapkan pada lahan-lahan pertanaman yang keadaan tanahnya tidak datar.

7.5.3.2. Cara pemberian air pengairan dengan pancaran

Sprinkle irrigation system atau cara pemberian air pengairan dengan pancaran dilakukan dengan menggunakan pipa-pipa yang dipasang atau ditanam, yang penempatannya dan dengan tekanan tertentu.

Cara pemberian air pengairan secara pancaran umumnya diterapkan pada lahan-lahan pertanaman yang dipakai untuk membudidayakan jenis tanaman yang bernilai ekonomi tinggi dan kebutuhan airnya relatif sedikit. Penggunaan *sprinkle irrigation system* memang merupakan pengairan dengan efisiensi tinggi serta dapat diterapkan pada daerah-daerah pertanian dengan topografi bergelombang, tetapi dengan menerapkan cara ini harus diperhatikan pula faktor-faktor sebagai berikut :

- (1) memerlukan biaya yang cukup tinggi;
- (2) memerlukan keahlian dan perhitungan yang tepat dalam merancang tata letak;
- (3) bagi areal pertanaman yang berubah-ubah arah dan kecepatan anginnya, cara

pemberian air pengairan dengan sistem pancaran dapat dikatakan tidak sesuai dan tidak efisien.

Sprinkler irrigation system dapat dilakukan dengan memanfaatkan :

1. Pipa yang berlubang-lubang

Air pengairan disalurkan ke dalam pipa dengan tekanan air yang rendah, maka air akan terpancarkan melalui lubang-lubang dalam bentuk yang seragam, tanah dan tanaman bagian disiram

2. Pipa ber-nozzle (bersemprotan) tetap atau berputar:

Air pengairan disalurkan ke dalam pipa, dengan adanya tekanan air sedang sampai tinggi, nozzle yang di bagian mulutnya berlubang-lubang dengan diameter kecil-kecil akan menyemprotkan air ke luar. Penggunaan pipa ber-nozzle yang berputar akan menghasilkan semprotan air yang sempurna.

Dalam pengetahuan yang berkaitan dengan pemberian pengairan ini tidak lengkap kiranya kalau tidak dikemukakan tentang sistem irigasi berdasarkan peranan gravitasi. Dalam hal ini dikenal:

a. Gravity irrigation atau irigasi gaya berat

Sistem ini menggunakan cara di mana pemberian/ penyaluran air pengairan ini sepenuhnya

dengan memperhatikan gaya berat, misalnya irigasi permukaan tanah, irigasi di bawah permukaan tanah, irigasi secara pancaran bertekanan rendah dan pemberian air pengairan (irigasi) melalui pipa yang berlubang-lubang.

Khusus bagi irigasi secara pancaran (sprinkler irrigation) dan irigasi melalui pipa yang berlubang-lubang (*perforated pipe irrigation*) letak sumber air pengairan harus lebih tinggi dari lahan yang akan diairi, dengan demikian keperluan tenaga tekanan tercukupi.

b. Non gravity irrigation atau irigasi non gaya berat

Cara ini dilakukan pemberian/penyaluran air pengairan tidak sepenuhnya tergantung dari gaya berat.

Keperluan tenaga tekanan diperoleh dari tenaga pompa yang umumnya digerakkan dengan Motor, misalnya pada pemberian/penyaluran air pengairan secara pancaran bertekanan sedang sampai tinggi.

7.6. Prinsip-prinsip dasar dalam pemilihan sistem Pertanian

Penerapan di lapisan sistem-sistem pemberian, penyaluran dan pengaliran air pengairan ke dan dari lahan-lahan pertanian sebagai disebutkan di muka

tidaklah semudah seperti yang telah diteorikan, karena penerapannya di lapangan terutama sangat tergantung pada perencanaan rancangan jaringan pengairan yang dibuat untuk keperluan tersebut.

Dalam perancangannya selalu dijumpai kendala-kendala yang kompleks yang berkaitan dengan berbagai kondisi alami dan tata cara penggunaan air pengairan yang dibuat manusia sendiri, hambatan/kendala tersebut antara lain sebagai berikut :

- a. Keadaan topografi termasuk karakteristik lahan dan tanah setempat.
- b. Keperluan penyediaan air yang dibutuhkan oleh tanamannya.
- c. Cara-cara usaha tani, yang dalam hal ini termasuk kedalaman akar tanaman, kebiasaan tumbuh tanaman.
- d. Kualitas air pengairan dan kuantitas tersedianya air tersebut pada sumber-sumbernya.
- e. Cara pemberian air pengairan ke petak-petak lahan pertanian.
- f. Keadaan iklim setempat, terutama unsur-unsurnya.
- g. Tata cara penggunaan air pengairan di antara para pemakai air pengairan tersebut.

7.6.1. Keadaan topografi dan karakteristik lahan serta tanah

Dalam hal ini yang perlu diperhatikan ialah tentang *arah, derajat dan keseragaman dari lereng atau kemiringan tanah* atau yang biasa lebih dikenal sebagai *slope association of land* (asosiasi lereng).

Kemiringan tanah atau tanah berlereng ini ada bermacam-macam, ada yang tidak beraturan, ada yang memanjang dan ada pula yang seragam beraturan, yang mengenai hal ini pemberian air pengairan agar efektif dan efisien harus disesuaikan dengan kondisi kemiringan tanah tersebut, jelasnya sebagai berikut :

- a. Pemberian dan pengaliran air pada tanah berlereng yang tidak beraturan di mana terdapat selokan-selokan pengairan, seharusnya dibuatkan terlebih dahulu alur-alur dengan mengikuti garis kontur (contour) dan pengairan disalurkan melalui alur-alur tersebut ke lahan-lahan pertanian. Selain dengan cara itu, pada tanah berlereng yang tidak beraturan dapat pula diterapkan sprinkle irrigation system (pemberian air pengairan secara pancaran).
- b. Pemberian air pengairan pada tanah berlereng yang memanjang serta seragam beraturan, ternyata akan lebih efektif dan mudah pelaksanaannya kalau

memanfaatkan alur-alur di atas dan membuat galengan-galengan (pematang).

Pemberian air pengairan pada lahan yang datar secara merata adalah lebih sesuai kalau pemberiannya dilakukan secara penggenangan (*flooding*) seperti pada petak sawah yang dibata dengan galengan-galengan (lahan sawah basah).

7.6.2. Derajat peresapan air ke dalam tanah

Dalam perancangan sistem pengairan penting memperhatikan derajat meresapnya air pengairan ke dalam tanah dan keseragaman peresapannya ke dalam lapisan-lapisan bawah tanah (permeabilitas tanah).

- Tanah-tanah pertanian yang menurut pengamatan menyerap air pengairan sangat lambat/perlahan-lahan sebaiknya diberi air pengairan secara penggenangan (*flooding*) selama jangka waktu tertentu, namun demikian hendaknya jangan sampai berlebihan sebab dapat mengakibatkanⁿ hanyutnya bagian permukaan tanah tersebut.
- Lapisan-lapisan tanah yang menunjukkan daya permeabilitasnya rendah, besar kemungkinan akan menyebabkan genangan air yang bersifat merugikan zona perakaranⁿ tanaman

yang mengakibatkan pula terganggunya pertumbuhan, karena itulah maka pengaliran (*drainase*) air genangan tersebut harus dirancang pula dengan sebaik-baiknya.

- *Terutama pada tanah-tanah* berkandungan⁹ bahan lempung lumpur rancangan pembentukan petak-petak pertanian yang memberi keleluasaan. untuk pengolahannya harus diperhatikan benar-benar, sebab tanah-tanah demikian biasanya cenderung menyerap air pengairan secara lambat dari lapisan permukaannya.

Derajat aliran peresapan air pengairan ke lapisan-lapisan bawah tanah (*sub soil*) terutama akan sangat tergantung pada ukuran dan penyebaran pori-pori tanahnya.

Dalam praktek lapangan untuk mengetahui daya efektif penyerapan air pengairan pada tanah dapat diukur dengan *derajat ketebalan pembasahan*.

Derajat ketebalan kebasahan merupakan pernyataan yang menyatakan berapa besar pembasahan tanah, yang seharusnya segera dilakukan setelah kurun waktu pemberian air pengairan.

7.6.3. Ketebalan water table

Dalam merancang pemberian pengairan kita harus memperhatikan ketebalan rumah tangga air lahan-lahan pertanian.

Disamping itu juga harus memperhatikan kuantitas garam atau unsur-unsur mineral yang larut dalam air.

Kuantitas garam atau unsur-unsur mineral tersebut seringkali merupakan faktor yang memerlukan pemberian air pengairan secara lebih banyak dari pada yang semestinya agar dapat diperoleh pemberian air pengairan yang efisien.

Pemberian pengairan secara ringan hendaknya diperhatikan, karena pemberian secara demikian bermanfaat melindungi naiknya water table tanah mencapai lapisan zona perakaran tanaman.

7.6.4. Kemantapan top soil

Dalam perancangan pemberian air pengairan pada lahan-lahan pertanian hendaknya diperhatikan juga mengenai stabilitas tata kemantapan dari lapisan top soil (lapisan permukaan tanah, yang tebalnya hanya sekitar 30-35 cm).

Lapisan permukaan tanah yang, terdiri dari tanah-tanah dengan struktur yang mudah pecah dalam campuran larutan air pengairan/air curahan hujan, menghendaki pengolahan secara khusus.

Setiap fase pertumbuhan tanaman juga menghendaki penanganan khusus, misalnya tanaman-tanaman muda yang mulai tumbuh akan berbeda penanganannya dengan tanaman yang sudah dewasa.

Jenis tanah yang berbeda juga menginginkan penanganan pengairan yang berbeda. Misalnya untuk tanah yang mudah lepas pemberian air pengairan secara bedengan atau larikan, dapat menghindari pengikisan atau penghanyutan.

7.6.5. Perbedaan sistem pertanian

Perbedaan sistem pemberian air pengairan (irigasi) hendaknya diperhatikan dalam perancangan sistem-sistem pengairan.

Sistem pertanian yang rapat harus dibedakan bagi pertanian dengan sistem penanaman yang berjarak tanam renggang, selain itu tebal lapisan perakaranpun memerlukan pertimbangan tersendiri.

Meresapnya air permukaan pengairan ke dalam tanah ditentukan oleh kesesuaian dan kebiasaan sistem perakaran tanaman.

Di Amerika Serikat tentang hal ini pernah dilakukan penelitian yang memakan waktu lama (5 tahun), dan hasilnya menyimpulkan bahwa :

- a. Sekitar 80-90% keseluruhan kebutuhan air pengairan oleh tanaman diambil dari lapisan-lapisan tanah sampai kedalamannya 3 feet (kaki)
- b. Tanaman dengan sistem perakaran yang dalam masih dapat mengambil air yang tersedia sampai kedalaman 5 feet (kaki).

Dengan memanfaatkan kesimpulan di atas dapat diambil langkah--langkah bahwa pemberian air pengairan hendaknya dapat menjangkau lapisan tanah setebal 3 kaki, dengan demikian sekaligus menyediakan air pengairan bagi tanaman-tanaman berakar dangkal.

Tabel 9. Kebutuhan air beberapa jenis tanaman pada setiap fase fenologi

Jenis tan	air (mm) ¹				
	Pembentukan tunas	Vegetatif	Pembungaan	Pembentukan buah/umbi	Pematangan
Kentang	70 (25)	160 (35)	220 (40)	150 (30)	50 (10)
Tomat	78 (30)	82 (20)	185 (30)	93 (20)	62 (20)
Tembakau	16 (10)	96 (30)	132 (30)	160 (40)	96 (30)
Tebu	83 (30)	495 (90)	1190 (180)	132 (30)	100 (30)
Jagung	56 (20)	167 (30)	115 (15)	250 (40)	62 (15)
Kacang tanah	51 (15)	162 (30)	235 (35)	162 (30)	40 (10)
Kedelai	30 (20)	165 (35)	292 (45)	47 (10)	41 (10)

¹Angka dalam kurung dalam hari.

Sumber: Doorenbus et al. (1979) data diolah

Setiap jenis tanaman memiliki kebutuhan akan air yang berbeda. Dibawah ini (Tabel 9) diberikan contoh kebutuhan air masing masing jenis tanaman.

Kebiasaan tumbuh tanaman

Tumbuh tanaman tidak sama, ada yang tegak dan ada pula terkulai menjangkau permukaan tanah.

- a. Tanaman-tanaman yang tumbuh tegak, walaupun tanah permukaan atau sekitarnya mengalami pembasahan yang agak berlebihan tidak begitu berakibat pada kerusakan tanamannya.
- b. Tanaman-tanaman yang tumbuhnya terkulai menjangkau permukaan tanah, jika permukaan tanah jenuh air akan menyebabkan kerusakan.

Dengan demikian kebiasaan tumbuh tanaman perlu pula diperhatikan. Derasnya aliran air pengairan sering menyebabkan pembasahan permukaan secara berlebihan, dan merusak tanaman.

Oleh karena itu air pengairan yang deras hendaknya diimbangi dengan pembuatan pematang-pematang pada lahan pertanaman, sebagai penahan derasnya aliran air.

g. Kualitas air pengairan

Kualitas air pengairan meliputi jumlah kandungan ion yang berbahaya, ataupun hara yang berguna bagi tanaman.

Air pengairan harus mengandung zat-zat hara bagi pertumbuhan harus dapat menambah tingkat kesuburan, tanah, air pengairan harus terbebas dari bahan- bahan buangan limbah yang dapat merugikan atau meracuni tanaman.

Karena demikian pentingnya kualitas air ini, maka dalam perancangan pemberian air pengairan pada lahan-lahan pertanaman, pekerjaan yang harus didahulukan yaitu meneliti secara laboratoris sifat kimiawi dari kualitas air pengairan (irigasi), inklusif kandungan mikro-flora dan mikro-fauna yang terkandung dalam air.

Air irigasi yang mengandung zat beracun ini akan menyebabkan keracunan tidak saja bagi tanaman tapi juga bagi manusia yang mengkonsumsinya.

h. Kondisi iklim dan cuaca setempat

Dalam perancangan pemberian air pengairan pada lahan-lahan pertanaman, kondisi iklim dan cuaca setempat tidak boleh diabaikan, melainkan harus benar-benar pula diperhitungkan.

Pada daerah-daerah pertanian yang beriklim basah, sistem pemberian pengairan akan menjadi lebih efektif kalau disertai pula dengan tindakan-tindakan penyediaan sistem pengaliran/drainase yang memadai.

Pada daerah-daerah pertanian yang beriklim kurang basah dimana berlangsungnya, musim kering

yang lebih panjang, perlu dirancang dan diterapkan sistem pemberian air pengairan yang teratur dengan tata cara pendistribusiannya, yang terjamin, seperti ialah *sistem Subak* di Bali yang memberikan manfaat yang demikian besar bagi para petani pemakainya

7.7. Sistem dan Bentuk-bentuk Jaringan Pengairan

Dari uraian-uraian yang telah dikemukakan diatas dapat ditegaskan mengenai prinsip-prinsip dasar tentang penataan jaringan pemberi air pengairan (irigasi) bagi lahan pertanian.

Namun, sebelum itu perlu diketahui tentang prinsip-prinsip dasar pengairan tersebut. Kita harus mengetahui terlebih dahulu manfaat dan keuntungan dari sistem yang kita gunakan.

Yang dimaksud dengan *jaringan irigasi* yaitu *prasarana irigasi*, yang pada pokoknya terdiri dari bangunan dan saluran pembuangan air beserta perlengkapannya.

Berdasarkan pengelolaannya dapat dibedakan antara *jaringan irigasi utama* dan *jaringan irigasi sekunder*, dan *irigasi tertier*.

Jaringan Irigasi Utama

Meliputi bangunan bendung,

saluran-saluran primer dan sekunder termasuk bangunan-bangunan utama dan pelengkap saluran pembawa dan saluran pembuang. Bangunan ini merupakan bangunan yang mutlak diperlukan bagi eksploitasi, meliputi bangunan pembendung, bangunan pembagi dan bangunan pengukur.

Bangunan bendung berfungsi agar permukaan air sungai dapat naik dengan demikian memungkinkan untuk disalurkan melalui pintu pemasukan ke saluran pembawa.

Bangunan pembagi berfungsi agar air pengairan dapat didistribusikan di sepanjang saluran pembawa (saluran primer) ke lahan-lahan pertanian melalui saluran sekunder dan saluran tersier.

Terdiri pula bangunan ukur yang berfungsi mengukur debit air yang masuk ke saluran. Dengan demikian distribusi air pengairan ke lahan-lahan pertanian melalui saluran sekunder dan saluran tersier dapat terkontrol dengan baik, sesuai dengan pola pendistribusian air pengairan yang telah dirancang
Jaringan Irigasi Tersier

Merupakan jaringan air pengairan di petak tersier, mulai air luar dari bangunan ukur tersier, terdiri dari saluran tersier dan kuarter termasuk bangunan pembagi tersier dan kuarter, serta bangunan pelengkap lainnya yang

terdapat di petak.

7.7.1. Prinsip-prinsip Dasar Penataan Jaringan Pengairan

Berkaitan dengan keterbatasan kondisi bagi perancang pemberian air pengairan pada lahan-lahan pertanian seperti telah dikemukakan maka prinsip-prinsip dalam penataan jaringan pemberi air pengairan (irigasi) dapat dikemukakan sebagai berikut.

a. Prinsip-prinsip dasar penataan jaringan

1. Sistem irigasi bagi lahan-lahan pertanian yang terdiri dari jaringan irigasi utama dan jaringan irigasi tersier, harus berada pada tempat tertentu pada lahan-lahan yang letaknya lebih tinggi dari lahan dari letak lahan pertanaman.
2. Sistem irigasi harus ditata sependek atau sesingkat mungkin dan dengan demikian dapat tercegah berkurangnya tekanan aliran air dan air pengairannya selama dalam perjalanan dikarenakan hal-hal yang tidak terduga dan dengan pendek/singkatnya jarak tatanan sistem irigasi tersebut, maka di samping sarana-sarana pembagi air pengairan dapat dibangun seekomisi mungkin juga daya penyampaiannya dapat terjamin.
3. Jaringan irigasi utama dan jaringan irigasi tersier sebaiknya dibangun sejalan mengikuti garis kontur atau mendekati ke arah itu terutama untuk maksud memperoleh ketinggian terjunan aliran air yang cukup menambah tekanan aliran air selanjutnya, sehingga air pengairan dapat mencapai lahan pertanaman yang lebih
4. Saluran-saluran tersier harus mampu mengalirkan air dengan cukup ke petak-petak tersier, dalam hal ini untuk pesawahan harus mampu melakukan penggenangan (*flooding*).
5. Pembangunan tanggul-tanggul di kedua tepi saluran tersier ataupun kuarter sebaiknya tidak terlalu tinggi agar dengan demikian air permukaan pada saluran-saluran dapat mudah dilimpahkan keareal pertanaman yang akan diberi air.
6. Saluran pembuang air pengairan dari petak-petak pertanaman yang airnya telah dimanfaatkan untuk *flooding* (penggenangan) ataupun *furrowing* (penyaluran) hendaknya dibuat sedemikian rupa agar dapat berfungsi dengan lancar, karena kalau saluran-saluran pembuang itu tidak berfungsi dengan baik atau pun pembuatannya

diabaikan, banyak kemungkinan terjadinya kejenuhan pada air di petak-petak pertanian. Disamping itu dapat terjadi peluapan mengingat masuknya air secara terus menerus sedang pembuangannya sangat sulit atau tidak ada, lebih-lebih kalau permeabilitas air pengairan di lahan-lahan/petak-petak pertanian tersebut sangat minim. Saluran pembuang air ini adalah lebih baik kalau berhubungan dengan saluran pembuang yang alami (sungai, celah-celah jurang, dan sebagainya) atau dibuat khusus tergantung pada keadaan lahan setempat dan kepentingannya.

Prinsip fundamental diatas seharusnya diterapkan pada sistem jaringan pengairan yang dipilih atau digunakan.

Dari sekian banyak system jaringan pengairan system yang sering digunakan adalah: **sistem, random** dan **sistem parallel**.

- Sistem random jaringan pengairan. Sistem ini banyak digunakan karena secara leluasa dapat disesuaikan terhadap kondisi lahan yang dihadapi, dengan hanya sedikit atau tidak memerlukan perubahan keadaan to-pografi. Rancangan penataannya

yang baik akan menghasilkan pemberian air pengairan yang efektif karena dengan perancangan dan penataannya yang baik itu akan mampu menampung aliran air yang tersedia secara maksimum yang dengan ancar melalui sarana-sarannya akan sampai ke petak-petak pertanian. Saluran induk (utama) biasanya mengikuti tempat dengan elevasi tertinggi yang berada di punggung lahan atau disepanjang garis kontur.

- Sistem paralel jaringan pengairan Dengan sistem ini, jaringan pemberi air pengairan dan jaringan pengalir/pembuangnya dibangun secara sejajar beraturan. Karenanya sistem ini umumnya diterapkan pada lahan yang datar dan juga pada lahan yang berlereng sedang yang tidak banyak bergelombang, maka pada lahan yang terakhir ini saluran utama (induk) harus dibuat atau digali dengan mengikuti garis kontur (seperti pada jaringan dengan sistem random dengan elevansi ketinggian yang cukup, dengan demikian pengairan dapat tergiring dengan tekanan/dorongan yang kup lumayan untuk masuk ke dalam saluran-saluran sekunder dan tersier dan

selanjutnya ke petak-petak penanaman.

7.7.2.Bendungan

Bendungan merupakan bangunan air yang dibangun secara melintang pada sungai, yang tujuannya agar permukaan air sungai di sekitarnya dapat naik sampai ketinggian tertentu, dengan demikian air sungai tadi dapat dialirkan melalui pintu sadap ke ke saluran-saluran pembagi air pengairan ke lahan-lahan pertanian.

Bendungan harus dibuat secara kuat agar tetap tahan untuk jangka waktu panjang/lama, tinggi tepi tembok bendung didasarkan pada debit maksimum untuk jangka waktu tertentu.

Bagian-bagian bendung meliputi:

- a. Badan bendung, yang pembuatannya dari pasangan-pasangan batu kali atau dengan beton, dengan tinggi yang disesuaikan dengan kepentingan air irigasi.
- b. Pintu penguras : Dibuat di ujung badan yang ada bersambung dengan saluran kantong penguras dibuatkan pintu masuk.
- c. Pintu pengambilan : Dibuat di ruang penguras yang diletakkan sekitar 1 meter atau lebih di atas lantai .

Dalam merancang jaringan pengairan dan drainasenya, yang garis besarnya telah dikemukakan, hasil rancangan akan ada manfaatnya dan mudah dan tepat dilaksanakan di lapangan kalau rancangannya benar-benar atas dasar hasil survai yang teliti yang menghasilkan data-data yang dapat diandalkan mengenai hal-hal sebagai berikut :

- a. Sumber air pengairan yang memungkinkan termasuk kualitas nya
- b. Topografi dan keadaan lahan yang memungkinkan dalam pembangunan saluran/jaringan, terutama mengenai keadaan lereng terkecil dan terbesar di mana saluran-saluran (induk dan atau pembagi) akan ditempatkan pada lahan tersebut
- c. Macam dan kegiatan petanaman yang akan diusahakan dengan terjaminnya air pengairan ke areal petanaman itu
- d. Demi terjaminnya air pengairan ke areal petanaman tersebut, sistem jaringan pengairan yang dipilih adalah yang sangat memungkinkan untuk diterapkan
- e. Panjang jangkauan aliran air pengairan yang dapat diperkirakan sampai ke areal

pertanaman dan petak-petak pertanian, sejak dari sumber airnya

- f. Pembatas-pembatas yang terdapat pada lahan di mana jaringan air pengairan akan ditempatkan
- g. Faktor-faktor yang menunjang bagi terlaksananya pembangunan jaringan pengairan, terutama yang terdapat di sekitar lahan yang akan ditempati sarana jaringan.

Data-data di atas merupakan informasi yang sangat penting bagi penentuan dan keberhasilan rancangan dan pelaksanaannya.

Memperkirakan kebutuhan air

Hal penting yang diperhatikan adalah bahwa dengan dibangunnya irigasi yang menghubungkan sumber air dengan petak pertanian, adalah agar petak-petak pertanian memperoleh air pengairan yang cukup bagi pertumbuhan tanaman.

Agar supaya maksud di atas tercapai dengan baik atau mendekati, maka kebutuhan air di petak-petak pertanian tersebut perlu diperkirakan atas dasar:

- a. *Tingkat pemakaian:*
Tingkat pemakaian adalah jumlah air keseluruhan yang ditranspirasikan tanaman dan yang dievaporasikan oleh

tanah dari areal lahan pertanian dalam satuan waktu dibandingkan terhadap area lahan yang bersangkutan. Tingkat pemakaian air tergantung pada pertanian yang ada di area lahan yang bersangkutan beserta kondisi iklim setempat.

- b. *Tingkat efisiensi jaringan*
Tingkat efisiensi jaringan ialah ketepatangunaan jaringan pengairan yang ada dalam menyampaikan secara teratur air pengairan ke petak-petak pertanian.

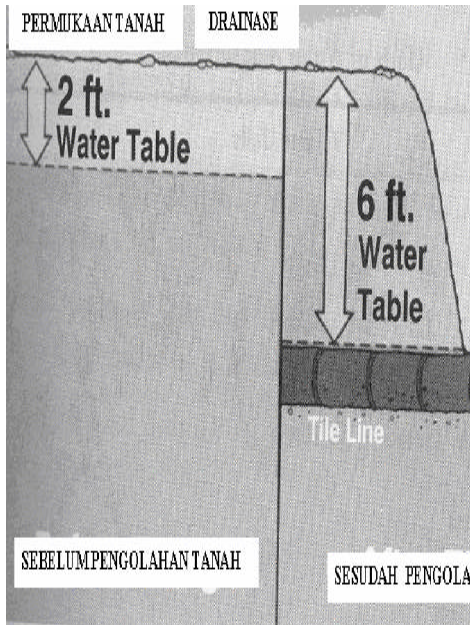
7.8. Sitem Pengaliran Kelebihan Air

Kondisi curah hujan dan kemarau sangat mempengaruhi kondisi lahan yang ada di Indonesia. Pada musim kemarau banyak lahan menjadi kering, karena musim kemarau yang berlangsung secara berkepanjangan, sehingga banyak lahan menjadi kering. Kondisi ini mengakibatkan tanah tidak dapat digunakan untuk pertanian.

Keterbatasan ini dapat ditanggulangi dengan melengkapi jaringan pengairan, baik jaringan masuknya air maupun jaringan keluarnya.

Dengan demikian pada daerah/lahan-lahan pertanian yang kelebihan air harus diusahakan pembuangan kelebihan tersebut, yaitu dengan melengkapi

jaringan-jaringan pemberi air pengairan dengan jaringan/saluran pembuangan air (drainase).



Gambar 42 Penggunaan drainase untuk mengelola ketersediaan air tanah tanah

Daerah-daerah lahan yang perlu mendapatkan drainase:

- Daerah/lahan-lahan yang permukaan air tanahnya tinggi sebagai akibat pemberian air pengairan yang berlebihan atau karena rembesan air dari saluran air pengairan tersebut.
- Daerah atau lahan-lahan bercekungan atau rawa-rawa di mana aliran air terhenti, lahan-lahan demikian yang tidak sedikit jumlahnya/ luasnya dapat diusahakan untuk usaha

pertanian lahan basah setelah setelah genangan-genangan airnya dapat dialirkan

- Dataran rendah yang menjadi tempat penampungan limpasan aliran air permukaan dari daerah/lahan-lahan yang lebih tinggi di sekitarnya.
- Daerah di sekitar muara sungai dan wilayah pantai dimana karena pengaruh, pasang surut sering terjadi pembentukan tanah-tanah timbul, atau tanah bentukan alami/tanah timbul tersebut dapat dimanfaatkan sebagai lahan-lahan pertanian yang subur setelah pengaruh pasang dapat diatasi dengan pembangunan pematang-pematang serta saluran-saluran pengaliran.
- Daerah/lahan-lahan sepanjang tebing sungai yang sering mengalami peluapan air



Gambar 43 Pengaturan Pengairan Sesuai dengan Kebutuhan Tanaman

Sistem Drainase

Drainase Permukaan

Drainase permukaan (surface drainase) yaitu mengalirkan kelebihan air atau kasarnya membuang kelebihan air yang tergenang.

Secara teknis drainase tersebut dibagi atas:

- a. *Land forming*, yaitu perataan permukaan tanah yang meliputi perataan tanah yang tidak beraturan atau bergelombang serta perataan tanah yang bercekungan;

- b. *Bedding system* yaitu dengan cara pembuatan semacam bedengan yang dibuat agak luas panjang, yang di bagian tepinya agak miring, terutama cara ini supaya dilakukan pada lahan yang berkemiringan (slope) kurang dari 1,5% dengan permeabilitas lambat.

Lebar bedengan harus disesuaikan dengan keperluan penanaman jenis tanaman, sifat drainase, cara pengolahan tanah dan kemiringan lahan tersebut, akan tetapi makin besar derajat kemiringan lahan maka bedengan harus dibuat semakin sempit.

- c. *Cross slope ditch*, yaitu dengan cara pembuatan saluran yang memotong lereng (kemiringan) yang lebih menyerupai pemberntukan teras, yang kerap kali disebut pula drainase teras.
- d. *Random ditch system*, yaitu sistem saluran acak menghubungkan beberapa cekungan atau tempat-tempat yang mempunyai alani pengaliran airnya buruk dengan cara membuat saluran pengalir dihubungkan dengan aliran pembuangan

- e. *Paralel ditch system* atau sistem saluran paralel, yang dengan cara ini saluran pembuangan dibuat sejajar dengan jarak antara nya disesuaikan dengan kebutuhan.
- f. *Field ditch system* sistem saluran lapangan drainase dengan memperhatikan sistem ini pembuatannya dengan mengkombinasikan cara-cara pembuatannya secara paralel dan acak
- g. *Interception ditch system* atau sistem saluran intersepsi, dengan sistem ini di daerah aliran. sungai, di daerah pasang surut (tidal) dan lahan lahan dimana berlangsung perembesan air dari saluran irigasi dibangun saluran pencegat atau penangkap air berlebihan.

Merancang sistem drainase

Dalam merancang suatu cara pengaliran air pengairan (drainase) agar tidak terjadi kelebihan pada lahan pertanian, yang perlu diperhatikan beberapa faktor yang berpengaruh, yaitu faktor

- a. jenis tanah dari lahan yang akan diberi saluran drainase;
- b. kondisi iklim, terutama curah hujan;

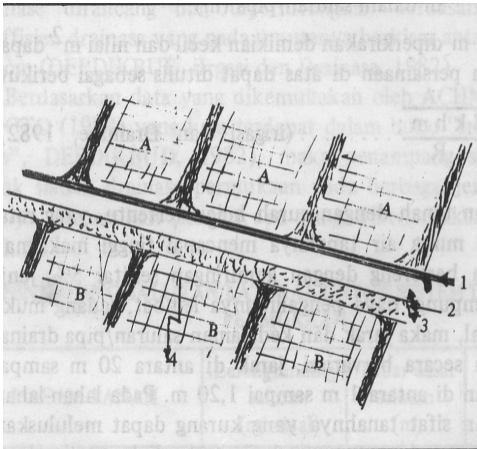
- c. kedalaman permukaan air tanah yang sesuai untuk jenis tanaman yang dibudidayakan

Dalam hal merancang pengaliran aliran air pengairan (drainase) yang perlu dan penting diperhatikan yaitu faktor-faktor keadaan lahan sehubungan dengan pemasangan pipa-pipa bawah permukaan tanah.

Adapun faktor yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

- a. faktor keadaan topografi, apakah datar, landai, berbukit-bukit atau lahan berlereng curam;
- b. faktor keadaan tanah, terutama tentang kedalaman tubuh tanah, luas lahan, sifat fisik dan sifat kimia tanah;
- c. faktor permukaan air tanah, terutama tentang kedalamannya, fluktuasi musim penghujan dan musim kemarau, banyaknya air pengairan yang diberikan, dan perkolasi.
- d. faktor curah hujan, terutama tentang keadaan dan sifat aliran permukaan (run of) sehubungan dengan curah hujan di mans
- e. faktor jenis tanaman yang dibudidayakan.

RANCANGAN DALAM PELAKSANAAN



Gambar 44 Sketsa lahan pertanian dengan saluran irigasi dan saluran drainase searah.

Keterangan:

A,B,C,D = Petak pertanian

1= saluran drainase

2.=Jalan inspeksi

3= saluran irigasi

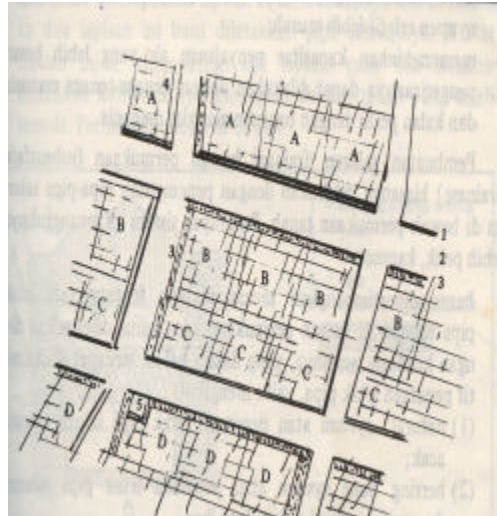
4= saluran drainase lateral

5=bangunan pembagi

Pada sketsa di atas di antara saluran irigasi dan saluran dibuat jalan inspeksi, untuk melancarkan pengawasan dan pemeliharaan saluran-saluran tersebut.

Tentang penggalian saluran *secara random*, merupakan penggalian saluran yang dapat dikatakan tidak teratur, biasanya diterapkan pada lahan-lahan pertanian dengan penurunan yang cukup dalam dan lebar.

Pada lahan yang merupakan lahan penurunan yang dangkal sampai hampir dangkal topografi yang teratur, penggalian seluruh drainase biasanya dibuat sejajar antara satu dengan yang lain, seperti sketsa dibawah ini



Gambar 45 Sketsa lahan pertanian dengan penurunan pangkal dan topografi teratur dengan saluran drainase sejajar

Penggalian saluran drainase permukaan (surface drainase) seperti dikemukakan diatas kalau dibandingkan dengan penggalian lahan dan pemasangan pipa-pipa saluran pada penerapan sisitem drainase bawah permukaan.

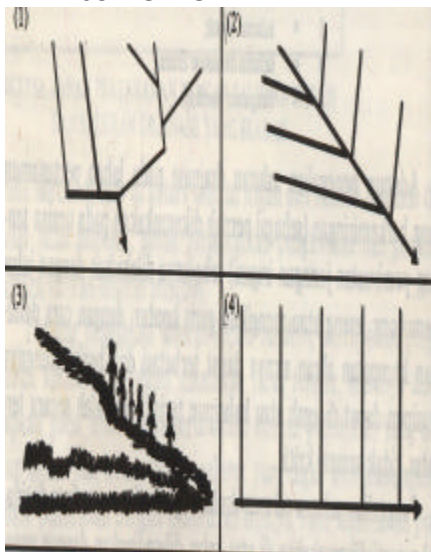
Drainase bawah permukaan lebih menguntungkan sebab:

1. lebih mudah dalam pelaksanaan
2. memungkinkan kapasitas penyaluran air yang lebih besar

3. pengerjaannya dapat dilakukan dengan tenaga manusia

Tata letak pipa saluran harus disesuaikan dengan keadaan tanahnya ada 4 alternatif:

- (1) natural system atau penataan letak pipa saluran seta: acak;
- (2) herring bone system atau penataan letak pipa saluran dengan mengikuti pola tulang ikan.
- (3) interception system atau dengan mengikuti pola intersepsi
- (4) gridiron system atau penataan letak pipa secara berkisi-kisi.

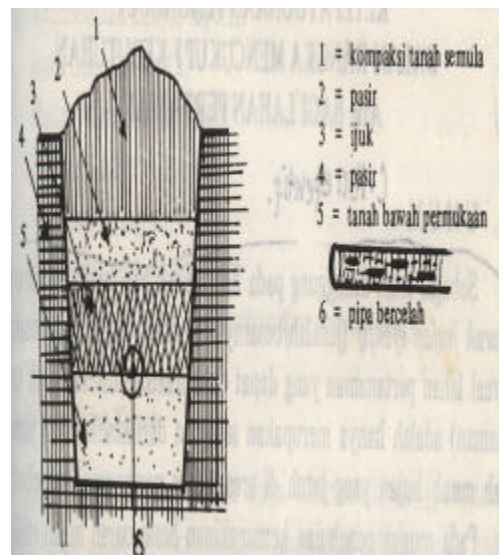


Gambar 46 Tata letak pipa

saluran

Setelah tata letak pipa saluran ditentukan, penggalian tanah harus dilakukan sesuai dengan kedalaman yang telah dipertimbangkan, pada dasar galian biasanya ditempatkan lapisan pasir, kemudian ditempatkan lapisan ijuk secukupnya dan di antara ke dua lapisan ini baru diletakkan pipa salurannya, di atas lapisan injuk ditempatkan lagi lapisan pasir dan terakhir dilakukan kompaksi (pengurungan) dengan tanah yang digali semula.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 47 berikut.



Gambar 47. Sketsa pembuangan drainase

7.9. Ketepatan penggunaan air untuk mencukupi kebutuhan air pada lahan pertanian

Penggunaan air pengairan dari sumber-sumber tertentu tidak semena-mena digunakan didasarkan atas:

- a. Air yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan hidup yang selalu berkembang semakin tidak mencukupi.
- b. Keterbatasan kemampuan (teknologi, sarana, dan financial) untuk memenuhi kebutuhan air keperluan sehari-hari yang meningkat dalam jumlah dan mutu yang mengikuti pertumbuhan penduduk dan peningkatan taraf hidupnya.
- c. Nilai produktivitas air untuk irigasi secara financial kurang kompetitif (efisien ekonomi nisbi rendah) dibandingkan dengan untuk keperluan lainnya, terutama industri, keperluan sehari-hari dan sebagainya
- d. Adanya kecemasan yang semakin meningkat terhadap pemenuhan tuntutan kelestarian daya dukung lingkungan.

Tabel 11 dibawah ini merupakan gambaran keterbatasan ketersediaan sumberdaya air untuk pengembangan irigasi sampai tahun 2020. Dari analisa nilai keseimbangan neraca air tanah antara kemampuan pasok dan kebutuhan di 90 satuan wilayah sungai (SWS) ternyata 25 diantaranya (meliputi 8 propinsi yaitu daerah khusus ibukota Jakarta, Jawa barat, Jawa tengah, daerah Istimewa Jogyakarta, Bali dan Nusa Tenggara Barat) diperkirakan antara tahun 1990-2015 sudah mengalami defisit neraca air (Direktorat Bina Program Pengairan, Direktorat jenderal Pengairan departemen Pekerjaan Umum 1991).

Dengan mengetahui kebutuhan air tanaman dapat diberi batasan berapa jumlah air yang dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangannya.

Berbagai faktor yang berpengaruh terhadap kebutuhan dan ketersediaan air adalah sebagai berikut

- a. Jenis dan sifat tanah, pada tanah berpasir dibutuhkan lebih banyak air dibanding tanah liat atau lempung
- b. Macam dan jenis tanaman, tanaman padi membutuhkan lebih banyak air dibandingkan dengan tanaman kacang atau pun

padi gogo.

- c. Keadaan iklim, teruma cuah hujan dan suhu harian, kedua peubah ini merupakan penentu dari neraca air tanah.
- d. Keadaan topografi berbeda memberikan penangan yang berbeda, tanah bertofografi datar membutuhkan air lebih kecil dibandingkan yang tofografi bergelombang atau berbukit.
- e. Luas lahan pertanian

Tabel 10 Perkiraan potensi air dengan pengembangan irigasi menurut wilayah, tahun 1990-2020

Wilayah	Perkiraan Potensi Air 1000 ha		Potensi Pengembangan Irigasi 1000 Ha	
	1990	2020	1990	2020
Sumatera	10.938	10.228	4.009	3.972
Jawa	83	62	83	62
Bali dan Nusa Tenggara	98	90	98	90
Kalimantan	16.506	14.464	3.693	3.693
Sulawesi	1.249	1.228	5.35	5.24
Maluku dan Irian Jaya	13.813	13.800	2.525	2.524
Indonesia	42.128	41872	10.944	10.865

Sumber: Diolah dari hasil perkiraan TIM JICA-FIDP dalam Makalah Direktur Bina Teknik Direktorat Jenderal Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum (1996).

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin. 1990. Dasar-Dasar Pengetahuan tentang Zat Pengatur Tumbuh, Angkasa, Jakarta.
- Access South Bonsai information. Perawatan sederhana Bonsai. Diakses 25 Februari 2008
- Access South Bonsai information. Memulai Bertanam Bonsai. Diakses 25 Februari 2008
- Aggangan, N.S. B.Dell and N. Malajczuk, 1998. Effects of chromium and nickel on growth of the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus* and formation of ectomycorrhizas on *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. *Geoderma* 84 : 15-27.
- Anggrek@yahoo.com. Vanda Metusalee Anggrek Baru dari Indonesia. Diakses 23 januari 2008
- Agustina, L., 2004. Dasar Nutrisi Tanaman, PT Rineka Cipta, Jakarta.
- Agroklimat, Badan Litbang Pertanian.
- Asahi Chemical MFG.Co Ltd.1980. Atonik a New Plant Stimulant. Japan.
- Al-Kariki, G.N., 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza J.* 10/2 : 51-54.
- Ali, G.M., E.F. Husin, N. Hakim dan Kusli, 1997. Pemberian mikoriza vesikular asbuskular untuk meningkatkan efisiensi pemupukan fosfat tanaman padi gogo pada tanah Ultisols dengan perunut ³²P. p. 597-605 *dalam* Subagyo et al (Eds). Prosiding Kongres Nasional VI HITI, Jakarta, 12-15 Desember 1995.
- Suprpto SS. 2007. Budidaya Tembakau. http://72.14.235.104/search?q=cache:k-UhXqs_TKkJ:www.ekologi.litbang.depkes.go.id/data/vol%25202/SSuprpto2_3.pdf+Budidaya+tembakau&hl=id&ct=clnk&cd=6&gl=id. Diakses tanggal 19 September 2007. 1 page.
- [http://id.Wikipedia.org/wiki.bawang Merah](http://id.Wikipedia.org/wiki.bawang_Merah). Diakses 24 januari 2008

http://72.14.235.104/search?q=cache:k-UhXgs_TKkJ:www.ekologi.litbang.depkes.go.id/data/vol%25202/SSuprpto2_3.pdf+Budidaya+tembakau&hl=id&ct=clnk&cd=6&gl=id2007. Budidaya Tembakau.. Diakses tanggal 19 September 2007. 1 page.

<http://warintek.bantul.go.id/web.php?mod=basisdata&kat=1&sub=2&file=32b>., 2007. Budidaya Tembakau Virginia. Diakses tanggal 19 September 2007. 1 page.

<http://www.bojolali.go.id> 2007. Kebun. Diakses tanggal 19 September 2007. 1 page.

Acquaah G. 199. Horticulture Principles and Practices. Prentice-Hall, Inc. United States of America.

Azcon, R. and F. El-Atrash, 1997. Influence of arbuscular mycorrhizae and phosphorus fertilization on growth, nodulation and N₂ fixation (¹⁵N) in *Medicago sativa* at four salinity level. Biol. Fertil. Soils 24 : 81-86.

Ba, A.M., K.B. Sanon , R. Doponnois, and J. Dexheimer, 2000. Growth response of *Afselia africana* Sm. seedlings to ectomycorrhizal inoculation in a nutrient-deficient soil. Mycorrhiza J. 9/2 : 91-95.

Badan Agribisnis Departemen Pertanian bekerjasama Penerbit Kanisius. 1999. Kelayakan Investasi Agribisnis I (Pisang, Durian, jeruk, alpukat). Kanisius. Yogyakarta

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 1992.

Baharsyah, J.S. 2007. Mengonveri Air dengan Limbah Pabrik Gula. Fakultas Pertanian IPB. www.google.com

Baharsyah, J.S. 2007. Mengonveri Air dengan Limbah Pabrik Gula. Fakultas Pertanian IPB. www.google.com

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sulawesi Selatan : <http://sulsel.litbang.deptan.go.id/> Online version: <http://sulsel.litbang.deptan.go.id/mod.php?mod=bulletin&op=viewarticle&cid=1&artid=17>

- Baon, J.B. 1996. Blotong Sebagai Bahan Organik dan Hara Bagi Pertanaman Kakao, Balai Penelitian Perkebunan Jember.
- Bertanaman Rambutan. Panebar Swadaya.
- Bonus Trubus no. 342. 1998. Analisis Komoditas Kebal Resesi.
- BPPT, Gd.1 - Lt.16, Jl. M.H. Thamrin 8, Jakarta 10340
Telpon : (021) 3168701 - 02, Fax. (021)3149058
- BPPT, Gd.1 - Lt.16, Jl. M.H. Thamrin 8, Jakarta 10340
Technical Support (021)71112109;
Customer Care 081389010009; Fax. (021)3149058
- bptp-jatim@litbang.deptan.go.id;
bptp_jatim@yahoo.com.
- Buckman, H.O dan N.C Brady. 1982. Ilmu Tanah. Terjemahan Soegiman.Brataro Karya Aksara Jakarta.
- Budi Samadi, Ir. 1997. Usaha Tani Kentang. Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- Budidaya Tanaman Anthurium. Balai Pengkajia Teknologi Pertanian Karangpulos Instalasi Penelitian Dan Pengkajian Teknologi Pertanian Wonocolo
- Cahyono, B., 1998. Tembakau : Budidaya dan Analisis Usaha Tani. Kanisius, Yogyakarta.
- Chan, E. (2000). *Tropical fruits of Malaysia & Singapore*. Hong Kong: Periplus Editions. (Call no.: RSING 581.95957 CHA) Purdue University, Centre for new crops & plant products. (1995). *New crop factsheet: Rambutan*. Retrieved on February 11, 2003.
- Chang, S-t, J.A. Bushwell & S-w. Chiu. 1993. Mushroom Biology and Mushroom Products. Nam Fung Printing Co., Ltd.
- Contributor Francis T. Zee, 1995. Nephellium Sp. USDA-ARS, National Clonal Germplasm Repository, Hilo, HI. Purdue University (center for New crops & Plant product.
- Cruz, 1995. Mechanism of drought resistance in *Pterocarpus indicus* enhanced by inoculation with VA mycorrhiza and Rhizobium. Biotrop Spec. Publ.No56 : 131-137. Biology and Biotechnology of Mycorrhizae.

- Cruz, A.F., T. Ishii, and K. Kadoya., 2000. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on tree growth, leaf water potential, and levels of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid and ethylene in the roots of papaya under water stress conditions. *Mycorrhiza J.* 10/3 : 121-123.
- C.T. Wheeler, I.M. Miller, R. Narayanan, D.Purushothaman
- Daswir dan L, Panjaitan. 1981. Perkembangan Kelapa Sawit diIndonesia. Prosiding Konp.Budidaya Karet dan Kelapa Sawit. BPPM.p189-198.
- Departemen Pertanian. 2005. Organisme Pengganggu Utama Tomat
- Dinas Pertanian dan Kehutanan Kabupaten Bantul Jalan KH. Wahid Hasyim 210 Palbapang Bantul 55713 Telp. 0274-367541
- Duriat AS. Budidaya cabai Sehat. Balai penelitian tanaman Sayuran lembang. Bandung.
- Endang, S. R. 2001. FORKOMIKRO.e-mail :endangyk@yogya.wasantara.net.id
- Graham H. N.; Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry; *Preventive Medicine* 21(3):334-50 (1992).
- Gandjar, I. 1993. Microbial utilization of agricultural waste for food. UNESCO Regional Training Workshop on Advances in Microbial Processings for th Utilization of Tropical Raw Materials in the Production of Food Products. Los Banos, The Philippines. October 11-20, 1993.
- Februari 2000 Editor : Kemal Prihatman
- Fleibach, A.R. Martens and H.H. Reber, 1994. Soil microbial biomass and microbial activity in soil treated with heavy metal contaminated sewage sludge. *Soil Biol. Biochem.* 26 (9) : 1201 - 1205.
- Fitter AH dan Hay RKM. Fisiologi Lingkungan Tanaman.Gadjah mada Universiy Press. Yogyakarta
- Fragrant Orchids.mht. Orchid of Indonesia

- Hakim,N;M.Y.Nyakpa;A.M.Lubis;
S.G.Nugraha;M.R.
Saul;M.A. Diha;Go Ban
Hong *dan* H.H. Bailey.
1986. Dasar-Dasar Ilmu
Tanah. Universitas
Lampung, Lampung.
- Heddy, S. 1996. Hormon
Pertumbuhan, Program
Penulisan Proyek Pelita
DEPDIBUD dan
Pelaksanaan Pendidikan
Diploma (DIII) Universitas
Brawijaya. Rajawali
Press. Jakarta.
- Heddy Suwasono. 1987. Biologi
Pertanian (Tinjauan
singkat tentang anatomi,
fisiologi, sistematika, dan
genetika dasar tumbuh-
tumbuhan. Rajawali pers.
Jakarta.
- Hong Kong.Desmeth, P. 1999.
Microorganisms
Sustainable Use and
Access Regulation
International Code of
Conduct. MOSAICC.
Directorate General XII
Science, Research and
Development of the
Commission of
theEuropean Union.
Belgian Coordinated
Collections of
Microorganisms,
Brussels, Belgium.
- <http://www.anisorchid.com>.
Anggrek Lain. Diakses 15
Januari 2008
- [http://www.my-normas.com//
Rumput apa?.](http://www.my-normas.com/Rumput_apa?) Diakses
15 januari 2008
- [http://www.my-normas.com//
cara-cara Rumput
membiak](http://www.my-normas.com/cara-cara_Rumput_membiak) Diakses 15
januari 2008
- [http://www.my-normas.com//
Jenis-jenis Rumput Turf.](http://www.my-normas.com/Jenis-jenis_Rumput_Turf)
Diakses 15 januari 2008
- [http://www.my-normas.com//
Masalah-masalah
Rumput Turf.](http://www.my-normas.com/Masalah-masalah_Rumput_Turf) Diakses 15
januari 2008
- [http://www.my-normas.com//
Nama Scientific.](http://www.my-normas.com>Nama_Scientifik) Diakses
15 januari 2008
- [http://www.my-normas.com//
Penanaman .](http://www.my-normas.com/Penanaman) Diakses 15
januari 2008
- [http://www.my-normas.com//
Penyediaan Tapak](http://www.my-normas.com/Penyediaan_Tapak)
Diakses 15 januari 2008.
- [http://warintek.bantul.go.id/web.p
hp?mod=basisdata&kat=
1&sub=2&file=32](http://warintek.bantul.go.id/web.php?mod=basisdata&kat=1&sub=2&file=32)., 2007.
Budiaya Tembakau
Virginia. Diakses tanggal
19 September 2007. 1
page.
- [http://www.boyolali.go.id/isi/isi_pt
s.asp?isi=kebun](http://www.boyolali.go.id/isi/isi_pt_s.asp?isi=kebun). 2007.
Kebun. Diakses tanggal
19 September 2007. 1
page.
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Hydro
ponics](http://en.wikipedia.org/wiki/Hydroponics) Diakses 15 januari
2008

http://id.wikipedia.org/wiki/Fotosi_ntesis" Diakses 15 januari 2008

<http://tabloidgallery.wordpress.com/2007/09/29/begonia/> Diakses 15 januari 2008

<http://warintek.bantul.go.id/web.php?mod=basisdata&kat=1&sub=2&file=32> September 2000

[http:// warintek.progressio.or.id/-by_rans](http://warintek.progressio.or.id/-by_rans), 2006. Diakses 15 januari 2008

<http://whatcom.wsu.edu/> Diakses 15 januari 2008

<http://www.deptan.go-id/> Diakses 15 januari 2008

<http://www.orchid.or.jp/> Diakses 15 januari 2008

<http://www.ristek.go.id> Diakses 15 januari 2008

<http://www.votawphotography.com.com.teknik>

http://id.wikipedia.org/wiki/Bunga_matahari" Diakses 23 Januari 2008

<http://agrolink.moa.my/doa/bdc/bungaros.html>. diakses 23 Januari 2008

http://www.agromedia.net/component/option.com_banner/Itemid.o/task.click.bid.3. Membentuk Bonsai Adenium. Diakses 23 januari 2008.

"<http://id.wikipedia.org/wiki/Bonsai>" diakses 18 Februari 2008

http://www.mynormas.com/cara-cara_Rumput_membia. Diakses 25 Februari 2008

http://www.mynormas.com/Amalan_Kultura Diakses 25 Februari 2008

http://www.mynormas.com/jenis-jenis_Rumpurt_Turf. Diakses 25 Februari 2008

[www.mynormas.com masalah-masalah_Rumputr_Turf](http://www.mynormas.com/masalah-masalah_Rumputr_Turf). Diakses 25 Februari 2008

www.mynormas.com.Penanaman. Diakses 25 Februari 2008

http://www.mynormas.com.Penyediaan_tapak. Diakses 25 Februari 2008

<http://www.mynormas.com/> Diakses 25 Februari 2008

http://www.mynormas.com/Top_dressing. Diakses 25 Februari 2008

<http://ms.wikipedia.org/wiki/Hidroponik>. Diakses 25 Februari 2008

[http://groups.yahoo.com/group/agromania/BUDIDAYA TANAMAN KAKAO](http://groups.yahoo.com/group/agromania/BUDIDAYA_TANAMAN_KAKAO),
Persiapan Naungan dan
Pangkasan Bentuk.

<http://www.pustaka-deptan.go.id/agritek/ppua0148.pdf>. Budidaya
Tanaman karet Diakses
25 Februari 2008

["http://id.wikipedia.org/wiki/Ercis"](http://id.wikipedia.org/wiki/Ercis)
Diakses 25 Februari
2008

Pusat penelitian &
Pengembangan
Hortikultura.
Pengeringan Sayuran.
[Diakses 25 Februari 2008](#)

Pusat Penelitian &
Pengembangan
Hortikultura. Jenis
kentang. Diakses 23
januari 2008.

Pusat Penelitian &
Pengembangan
Hortikultura. Budidaya
Bawang Merah. Diakses
23 januari 2008.

Pusat Penelitian &
Pengembangan
Hortikultura. Jenis Tomat.
Diakses 23 januari 2008.

Pusat penelitian &
Pengembangan
Hortikultura. Budidaya
Tanaman Buncis rambat.
Diakses 23 januari 2008

Pusat penelitian &
Pengembangan
Hortikultura.tanaman
Sayur Cabai.. Diakses 23
januari 2008

Indonext.com. Budidaya Cabe
dalam Polybag. Diakses
23 Januari 2008.

IPTEKnet. All rights reserved
Office : BPPT, Gd.1 -
Lt.16 , Jl. M.H. Thamrin
8, Jakarta 10340
Technical Support
(021)71112109;
Customer Care
081389010009; Fax.
(021)3149058 Seledri.
Diakses 23 januari 2008

IPTEKnet. Bawang merah rights
reserved
Office : BPPT, Gd.1 -
Lt.16 , Jl. M.H. Thamrin
8, Jakarta 10340
Technical Support
(021)71112109;
Customer Care
081389010009; Fax.
(021)3149058

- Imas, T., R.S. Hadioetomo, A.W. Gunawan dan Y. Setiadi, 1989. Mikrobiologi Tanah II. Depdikbud Ditjen Dikti, Pusat Antar Universitas Bioteknologi, IPB.
- Interstate publisher. 1998. Western Fertilizer Handbook. United States of America.
- Indonext.com. Teknik Budidaya Bawang Merah. Diakses 12 Januari 2008
- Isroi, S.Si, M.SiPeneliti Mikrobiologi Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia Lembaga Riset Perkebunan Indonesia Jalan Taman Kencana No. 1 Bogor 16151 Telp. 0251 324048/327449 Fax. 0251 328516 Email:mailto:ipardboo@indo.net.id; mailto:isroi@ipard.com
- info@duniaflora.com. 2007. Hijau Rumpuk berkekat kondisioner. Diakses 27 Januari 2008
- Jana Arcimovičová, Pavel Valíček (1998): *Vůně čaje*, Start Benešov. ISBN 80-902005-9-1 (in Czech) Jahe (Zingiber Officinale) Sumber: Sistim Informasi Manajemen Pembangunan di Perdesaan, BAPPENAS, Jakarta,
- Joner, E.J. and C. Leyval, 2001. Influence of arbuscular mycorrhiza on clover and ryegrass grown together in a soil spiked with polycyclic aromatic hydrocarbons. *Mycorrhiza J.* 10/4 : 155-159.
- Joiner, J.N. 1981. Foliage Plant Production, Prentice-Hall Production. Prentice-Hall Englewood Cliffs, New Jersey.
- Jumin HB, 1994, dasar-dasar Agronomi. PT Rja Gafindo persada. Jakarta.
- Jana Arcimovičová, Pavel Valíček (1998): *Vůně čaje*, Start Benešov. ISBN 80-902005-9-1 (in Czech)
- Kabirun, S. and J. Widada, 1995. Response of soybean grown on acid soil to inoculation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Biotrop Spec. Publ.No56* : 131-137. Biology and Biotechnology of Mycorrhizae.
- Kanisius an badan Agribisnis Departemen pertanian. Kelayakan investasi Agribisnis 1 (Pisang, Durian, Jeruk Alpukat). Jakarta

- Kantor Wilayah Departemen Pertanian Propinsi Maluku. 1996. Pertanian Maluku dalam Prospek Agribisnis. Kantor Wilayah. Departemen Pertanian Propinsi Maluku, Ambon. hlm 4.
- Kantor Statistik Propinsi Maluku. 2000. Maluku dalam Angka.
- Kantor Statistik Propinsi Maluku, Ambon. hlm 246.
- Kartasapoetra AG. Dan Mulyani Sutedjo. Teknologi Pengairan Pertanian Irigasi. 1994. Bumi Aksara. Jakarta.
- Khan, A.G., 1993. Effect of various soil environment stresses on the occurrence, distribution and effectiveness of VA mycorrhizae. *Biotropia* 8 : 39-44.
- Khan, M.H., 1995. Role of mycorrhizae in nutrient uptake and in the amelioration of metal toxicity. *Biotrop Spec. Publ.* No56 : 131-137. *Biology and Biotechnology of Mycorrhizae*.
- Killham, K, 1994. *Soil ecology*. Cambridge University Press
- Kim, K.Y., D. Jordan, and McDonald, 1998. Effect of phosphate-solubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizae on tomato growth and soil microbial activity. *Biol. Fertil. Soils* 26 : 79-87.
- Kirsop B.E. & J.J. Snell (eds.). 1982. *Maintenance of Microorganisms. A Manual of Laboratory Methods*. Academic Press, Inc. London.
- Komagata, K. 1994. Background of Microbial Industry in Japan. In: Komagata, K., T. Yoshida, T. Nakase, H. Osada. (eds.). *Proceedings of the International Workshop on Application and Control of Microorganisms in Asia*, pp. 1-11. March 14-18, 1994, Science and Technology Agency, Tokyo, Japan.
- Kusumo, S. 1990. *Zat Pengatur TumbuhTanaman*. Jasa Guna, Jakarta.
- Lamina. 1989. *Kedelai dan Pengembangannya*. CV Simplex, Jakarta.

- Lembar Informasi Pertanian (LIPTAN) LPTP Koya Barat, Irian Jaya No. 02/99
- Lembar Informasi Pertanian (LIPTAN) BIP Irian Jaya No. 109/92 Diterbitkan oleh: Balai Informasi Pertanian Irian Jaya Jl. Yahim – Sentani – Jayapura Budidaya Tanaman Karet.
- Lima Tahun Penelitian dan Pengembangan Pertanian 1987-1991. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta. hlm. 14.
- Lingga, P. 1994. Petunjuk Penggunaan Pupuk. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Loka Pengkajian Teknologi Pertanian Koya Barat
- Lozano, JMR., and R. Azcon, 2000. Symbiotic efficiency and effectivity of an autochthonous arbuscular mycorrhizal *Glomus sp.* from saline soils and *Glomus deserticola* under salinity. *Mycorrhiza* 10/3 : 137-143.
- Mahisworo, Kusno Susanto dan Agustinus Anung, Bertanam Rambutan; Jakarta:
- Malaysian Agricultural Research and Development Institute, MARDI, G.P.O. Box 12301, Kuala Lumpur, 50774 Malaysia Chanthaburi Horticultural Research Center, Amphur Kloong, Chanthaburi, Thailand USDA/ARS, National Clonal Germplasm Repository, P.O. Box 4487, Hilo, Hawaii 96720, U.S.A.
- Masiworo, Sutanto K dan Anung A. 1990. Lembar Informasi Pertanian (LIPTAN) BIP Irian Jaya No. 136/93 Diterbitkan oleh: Balai Informasi Pertanian Irian Jaya Jl. Yahim – Sentani – Jayapura.
- Matnawi, H., 1997. Budidaya Tembakau Bawah Naungan Karet
- Matsuo T dan Hoshikawa. 1993. Science of The Rice Plant. Morphology. Nosan Gyoson Bunka Kyokai. Tokyo
- McGonigle, T.P.M. and M.H. Miller, 1993. Mycorrhizal development and phosphorus absorption in maize under conventional and reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57 (4) : 1002-1006.

- Morte, A., C.Lovisolo and A. Schubert, 2000. Effect of drought stress on growth and water relations of the mycorrhizal association *Helianthemum almeriense* - *Tervesia claveryi*. Mycorrhiza J. 10/3 : 115-119.
- Munyanziza, E., H.K. Kehri, and D.J. Bagyaraj, 1997. Agricultural intensification, soil biodeversity and agro-ecosystem function in the tropics : the role of mycorrhiza in crops and trees. Applied Soil Ecology 6 : 77-85.
- Nakase, T. 1998. Asian Network on Microbial Researches (ANMR): Promotion of Microbiology and Biotechnology in Asian Region. International Conference on Asian Network on Microbial Researches. Gadjah Mada University, Yogyakarta, February 23-25.
- Nuhamara, S.T., 1994. Peranan mikoriza untuk reklamasi lahan kritis. Program Pelatihan Biologi dan Bioteknologi Mikoriza.
- Oliveira, R.S., JC. Dodd and PML. Castro, 2001. The mycorrhizal status of *Pragmites australis* in several polluted soils and sediments of an industrialised region of Northern Portugal. Mycorrhiza J. 10/5 : 241-247.
- Pracaya. 1989. Bertanam mangga. Penebar Swadaya. Jakarta Prada@com. Rumput penutup tanah yang paling ideal
- Penebar Swadaya, 1991, cet ke-3. 80p; 21 cm.
- Pierce LC. 1987. *Vegetables characteristics, production, and Marketing*. John Wiley and Sons. United States of America.
- pn8.co.id. Budidaya Teh
- Poedjiwidodo Y. 1996. Sambung Samping Kakao.Trubus Agriwidya Ungaran
- Pusposutarjo S. 2001. Pengembangan irigasi (Usaha tani berkelanjutan dan gerakan hemat air. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan nasional.

- Rahardi F.; Rina Nirwan S. dan Iman Satyawibawa, Agribisnis tanaman perkebunan. Jakarta: Penebar Swadaya, 1994. Vi + 67p; illus.; 21 p.
- Rambutans set to become mainstream fruit
Copyright © 2001-6, The Australian Nutrition Foundation Inc (Nutrition Australia is the registered business name for the Australian Nutrition Foundation Inc)
- All rights reserved
Disclaimer - Privacy Policy
- Rani, D.B.R., S. Ragupathy and A. Mahadevan, 1991. Incidence of vesicular - arbuscular mycorrhizae (VAM) in coal waste. Biotrop Special Publ. 42 : 77-81 in Soerianegara and Supriyanto (Eds) Proceedings of Second Asean Conference on Mycorrhiza.
- Rao, N.S Subha, 1994. Mikroorganisme tanah dan pertumbuhan tanaman. Edisi Kedua. Penerbit Universitas Indonesia.
- Ratledge, C. 1992. Biotechnology: the socio-economic revolution? A synoptic view of the world status of biotechnology. In : DaSilva, E.J., C. Ratledge, A. Sasson (eds.). Biotechnology, economic and social aspects. Issues for developing countries. Cambridge University Press.
- Saono, S. 1994. Non-medical application and control of microorganisms in Indonesia. In: Komagata, K. , T. Yoshida, T. Nakase & H. Osada. (eds.). Proceedings of the International Workshop on Application and Control of Microorganisms in Asia, pp 39-60. March 14-18, 1994. Science and Technology Agency, Tokyo, Japan.
- Sasson, A. 1998. Biotechnologies in developing countries: present and future Volume 2: International co-operation. UNESCO Publishing Imprimerie PUF, France. Steinkraus, K. H. (ed.) 1996. Handbook of indigenous fermented foods. 2nd revised and expanded edition. Marcel Dekker. New York.

- Singh, S., and K.K. Kapoor, 1999. Inoculation with phosphate-solubilizing microorganisms and a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. *Biol. Fertil. Soils* 28 : 139-144.
- Soepardi.1979. Sifat dan Ciri Tanah I. IPB.Bogor
- T. Yamamoto, M Kim, L R Juneja (editors): *Chemistry and Applications of Green Tea*, CRC Press, ISBN 0-8493-4006-3
- Solaiman, M.Z., and H. Hirata, 1995. Effect of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in paddy fields on rice growth and NPK nutrition under different water regimes. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 41 (3) : 505-514.
- Splittstoesser WE. 1984. *Vegetables Growing Handbook*. Van Nostrand Reinhold Company.New York.
- Sudarmo, S., 1991. *Tembakau : Pengendalian Hama dan Penyakit*. Kanisius, Yogyakarta.
- Sumarno. 1993. Teknik pemuliaan kedelai. *Dalam* S. Somaatmadja, M. Ismusnadj, Sumarno, M. Syam, S.O. Manurung, dan Yuswadi (Ed.). *Kedelai*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor. hlm. 243-261.
- Surono, I.S. & A. Hosono. 1994. Microflora and their enzyme profile in terasi starter. *Biosc. Biotech. Biochem.* 58 (6): 1167-1169.
- Thomas, R.S., R.L. Franson, and G.J. Bethlenfalvay, 1993. Separation of arbuscular mycorrhizal fungus and root effect on soil aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57 : 77-81.
- Van Wambake A. 1991. *Soil of the Tropic (properties and appraisal)* McGraw-Hill, Inc.Toronto.
- Widada, J, dan S. Kabirun, 1997. Peranan mikoriza vesikular arbuscular dalam pengelolaan tanah mineral masam. p. 589-595 *dalam* Subagyo *et al* (Eds). *Prosiding Kongres Nasional VI HITI*, Jakarta, 12-15 Desember 1995.
- Widyawan R dan Prahastuti S. 1994. *Bunga Potong*. Pusat dokumentasi dan Informasi Ilmiah. LIPI. Jakarta

- Wright, S.F. and A. Upadhyaya, 1998. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil* 198 : 97 - 107.
- www.hort.purdue.edu/newcrop/cropfactsheets/Rambutan.html
- www.irwantoshut.com
- www.irwantoshut.com
- www.naturalnusantara.co.id.
2008 Budidaya karet.
Diakses 23 Januari 2008
- www.perkebunan.litbang.deptan.go.id. 2007. Tembakau.
Diakses tanggal 15 November 2007. 1 page.
- www.wikipedia.org. 2007.
Tembakau. Diakses tanggal 15 November 2007. 1 page.
- www.warintek.com. 2007.
Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.). Diakses tanggal 15 November 2007. 4 pages.
- www.perkebunan.litbang.deptan.go.id. 2007. Tembakau.
Diakses tanggal 15 November 2007. 1 page.
- www.wikipedia.org. 2007.
Tembakau. Diakses tanggal 15 November 2007. 1 page.
- www.warintek.com. 2007.
Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.). Diakses tanggal 15 November 2007. 4 pages.
- www.balittas.info/index.php?option=isi&task=view&id=16&Itemid=50 - 75k -
Cached. 2007. Balittas.
Diakses tanggal 20 September 2007. 1 page
- Zaini, Z., T. Sudarto, J. Triastoro, E. Sujitno dan Hermanto, 1996. Usahatani lahan kering : Penelitian dan Pengembangan. Proyek Penelitian Usahatani lahan Kering. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor
- Zarate, J.T. and R.E. Dela Cruz, 1995. Pilot testing the effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in the reforestation of marginal grassland. *Biotrop Spec. Publ.* No56 : 131-137. *Biology and Biotechnology of Mycorrhizae*.
- Zedan, H. 1992. The economic value of microbial diversity. Key note paper presented at the VIIth International Conference for Culture Collections. Beijing, China. October 1992.

GLOSARIUM

Analisa hara pupuk	:	menyatakan berapa jumlah relatif dari N, P_2O_5 , dan K_2O dalam pupuk tersebut
ATP (Adenosine Triposfat)	:	satuan pertukaran energi dalam sel.
Aerasi	:	Tata udara tanah
Allelopati	:	
Auksin	:	zat tumbuh yang pertama ditemukan yang bekerja pada proses perpanjangan atau pembesaran sel.
Bekerjanya pupuk	:	adalah waktu yang diperlukan sejak saat pemberian pupuk hingga pupuk tersebut dapat diserap tanaman
	:	
Curah hujan	:	
Daur air	:	adalah perubahan yang terjadi pada air secara berulang dalam suatu pola tertentu.
Diferensiasi	:	proses pertumbuhan tanaman disebut
Derajat peresapan air	:	Angka yang menyatakan derajat meresapnya air pengairan ke dalam tanah dan keseragaman peresapannya ke dalam lapisan-lapisan bawah tanah
Derajat ketebakan kebasahan	:	merupakan pernyataan yang menyatakan berapa besar pembasahan tanah, yang seharusnya segera dilakukan setelah kurun waktu pemberian air pengairan.
Difusi	:	adalah pergerakan molekul atau ion dari daerah konsentrasi tinggi ke daerah dengan konsentrasi rendah
Embrio	:	Calon individu baru
Epidermis	:	Kulit luar organ berupa lapisan lilin yang mencegah kehilangan air secara berlebihan
Epigeal	:	Proses perkecambahan yang hipokotilnya tumbuh memanjang akibatnya kotiledon dan plumula terdorong ke permukaan tanah, sehingga kotiledon berada diatas tanah
Fotosintesis	:	Pengubahan bentuk tanaga matahari menjadi bentuk lain
Fotosistem I	:	Molekul klorofil yang menyerap cahaya pada panjang gelombang 700 nM.
Fotosistem II	:	Terdiri dari molekul klorofil yang menyerap

Fototropisme	:	cahaya pada panjang gelombang 680nm merupakan peristiwa pembengkokan ke arah cahaya
Flooding (Cara penggenangan)	:	adalah cara pemberian air ke lahan pertanian sehingga menggenangi permukaan tanahnya.
Gen	:	faktor pembawa sifat menurun yang terdapat di dalam makhluk hidup
Giberelin	:	Hormon yang bekerja hanya merangsang pembelahan sel. Terutama untuk merangsang pertumbuhan primer
Gravity irrigation atau irigasi gaya berat	:	Sistem ini menggunakan cara di mana pemberian/ penyaluran air pengairan ini sepenuhnya dengan memperhatikan gaya berat
ground water,	:	yaitu air tanah atau jelasnya air permukaan yang meresap ke dalam tanah dan berkumpul di bagian lapisan bawah tanah yang kemudian sedikit demi sedikit akan ke luar melalui mata air
Habitat	:	Tempat tinggal makhluk hidup
Higroskopisitas pupuk	:	adalah sifat mudah tidaknya pupuk bereaksi dengan uap air.
Hipogeal	:	Pada perkecambahan ini terjadi pertumbuhan memanjang dari epikotil yang menyebabkan plumula keluar menembus kulit biji dan muncul diatas tanah kotiledon tetap berada di dalam tanah
Hormon (zat tumbuh)	:	suatu senyawa organik yang dibuat pada suatu bagian tanaman dan kemudian diangkut ke bagian lain, yang konsentrasinya rendah dan menyebabkan suatu dampak fisiologis
Hiposonik	:	Suatu larutan yang mempunyai tekanan osmosis lebih rendah daripada larutan lain
Indeks garam	:	merupakan gambaran perbandingan kenaikan tekanan osmotik karena penambahan 100 g pupuk dengan kenaikan tekanan osmotik karena penambahan 100 g NaNO_3
Irigasi	:	Isecara umum didefinisikan sebagai pemberian air kepada tanah dengan maksud untuk memasok kelembaban tanah esensial bagi pertumbuhan tanaman
interflow,	:	yaitu aliran air yang meresap ke lapisan tanah permukaan dan kemudian mengalir kembali ke luar dari lapisan tanah permukaan tersebut ke

permukaan tanahnya

Isotonik atau isomosi	:	Suatu larutan yang mempunyai tekanan osmosis yang sama dengan larutan lain
Kelarutan pupuk	:	menyatakan mudah tidaknya suatu pupuk larut dalam air, dan diserap akar tanaman.
Kekeringan		dapat dinyatakan sebagai suatu keadaan dimana berkurangnya jumlah air disebabkan oleh menurunnya daya dukung tanah terhadap ketersediaan air
Kekeringan hidrologi,		adalah kekeringan yang berasosiasi dengan efek periode singkat dari curah hujan
Kekeringan meteorology		, adalah cekaman kekeringan yang disebabkan keterbatasan curah hujan yang berkepanjangan
Kekeringan sosial ekonomi,		adalah keadaan perubahan sosial ekonomi masyarakat yang disebabkan oleh keterbatasan air
Kadar unsur pupuk		Banyaknya unsur hara yang dikandung oleh suatu pupuk
Kemasaman pupuk	:	Reaksi fisiologis masam dari pupuk yang diberikan ke tanah
Karbohidrat	:	Zat gula
Klorofil	:	Atau biasa disebut zat hijau daun. zat ini sangat berguna untuk mengubah zat yang diserapnya menjadi zat-zat makanan
Kloroplas	:	
Kinin atau sitokinin	:	Zat hormone yang bekerja mempercepat pembelahan sel, membantu pertumbuhan tunas dan akar, dan dapat menghambat proses penuaan (senescence).
Kutikula	:	Lapisan dari lilin yang melindungi permukaan daun dari teriknya cahaya matahari atau lingkungan yang kurang menguntungkan
Kualitas air pengairan		Adalah jumlah kandungan ion yang berbahaya, ataupun hara yang berguna bagi tanaman
Kohesi	:	Gaya tarik menarik Molekul air dengan molekul air lainnya
Layu permanen	:	Tanaman yang kekurangan air dan apabila disiram tidak dapat pulih kembali.
Mesofil	:	Sel-sel pada bagian daun yang banyak mengandung kloroplas (lebih kurang setengah juta kloroplas setiap milimeter

		perseginya)
Meiosis	:	pembelahan sel kelamin
Meristem	:	Jaringan muda yang senantiasa membelah (meristematis)
Mitosis	:	pembelahan dari sel tubuh
Multiseluler	:	makhluk hidup bersel banyak
	:	
nilai ekuivalen kemasaman,	:	yang artinya berapa jumlah Kg kapur (CaCO_3) yang diperlukan untuk meniadakan kemasaman yang disebabkan oleh penggunaan 100 Kg suatu jenis pupuk
Nutrisi	:	Mineral yang dibutuhkan tanaman
Osmosis	:	peristiwa bergeraknya pelarut antara dua larutan yang dibatasi membran semi permeable dan (selaput permeable difrensial) berlangsung dari larutan yang konsentrasinya tinggi ke konsentrasi rendah
Pertumbuhan	:	didefinisikan sebagai peristiwa perubahan biologis yang terjadi pada makhluk hidup berupa perubahan ukuran yang bersifat irreversible (tidak berubah kembali ke asal atau tidak dapat balik)
Pertumbuhan primer	:	adalah pertumbuhan ukuran panjang pada bagian batang tumbuhan karena adanya aktivitas jaringan meristem primer.
Pertumbuhan sekunder	:	adalah pertambahan besar dari organ tumbuhan karena adanya aktivitas jaringan meristem sekunder yaitu kambium pada kulit batang, kambium batang, dan dan akar.
Perkembangan	:	proses menuju pencapaian kedewasaan atau tingkat yang lebih sempurna pada makhluk hidup
Perkecambahan	:	merupakan proses pertumbuhan dan perkembangan embrio
	:	
Phloem	:	pembuluh tempat transport makanan
Plasmolisis	:	Peristiwa lepasnya plasma sel dari dinding sel
	:	
Potensi air	:	energi potensial air yang terkandung dalam tubuh tanaman
Pupuk buatan	:	Pupuk buatan merupakan pupuk yang dibuat oleh pabrik dengan kandungan unsur hara tertentu
Pupuk asam	:	Pupuk dapat menurunkan pH disebut
Pupuk basa	:	Pupuk yang dapat menaikkan pH

Pupuk tunggal	:	Pupuk yang hanya mengandung satu unsur
Pupuk majemuk	:	Pupuk yang mengandung lebih dari satu unsur
Reaksi terang	:	reaksi fotosintesis yang memerlukan cahaya
Reaksi gelap	:	reaksi fotosintesis yang tidak memerlukan cahaya
Respirasi	:	merupakan proses perombakan senyawa organik menjadi senyawa anorganik dan menghasilkan energi
Respirasi aerob	:	suatu proses metabolisme tanaman dengan menggunakan oksigen yang
Respirasi anaerob	:	reaksi pemecahan karbohidrat untuk mendapatkan energi tanpa menggunakan oksigen
Run off	:	aliran air permukaan
Stomata	:	Mulut daun
Suhu minimum	:	Suhu paling rendah dimana organisme masih dapat melaksanakan metabolismenya
Suhu maksimum	:	Suhu paling tinggi dimana organisme masing dapat melaksanakan metabolisme
Suhu optimum	:	Suhu paling baik untuk kelangsungan metabolisme pada makhluk hidup
Sugar sink	:	Tempat penerima gula, tempat gula disimpan atau dikonsumsi
Supertonik	:	Suatu larutan yang mempunyai tekanan osmosis lebih tinggi daripada larutan lain
Sprinkle Irigation	:	air pengairan secara pancaran
Stomata	:	merupakan celah yang dibatasi oleh dua sel penjaga
Tumbuhan hijau	:	Tumbuhan yang mengandung zat hijau daun (klorofil)
Tekanan turgor.	:	Tekanan hidrostatik dalam sel disebut
Top dressing	:	Pembeian pupuk melalui disebar di atas permukaan tanah.
Transpirasi	:	adalah proses penguapan air melalui stomata
Unicellular	:	Organisme ber sel tunggal
Xylem	:	Merupakan jaringan pengangkutan air
Zigot	:	Sel hasil penyatuan sel betina (ovum) dengan sel kelamin jantan

INDEKS

A

Absorpsi, 106
 Agregat 550
 agroindustri, 1
 Aglonema 351
 agroekosistem, 167
 Aerasi 537
 Anggrek 353
 Arumanis 323
 Air, 30, 31
 Air tanah, 120
 Air permukaan tanah, 117
 Air sungai, 119
 Air hujan, 119
 Amonifikasi, 49
 Ambon kuning 334
 an organik, 87
 Antraknose 267, 380
 Aspek fisiologi, 4
 Aspek ekologi, 4
 Apatit, 55
 Aspek pemuliaan tanaman, 4
 Abiotik, 4
 Ajir 248
 Akar rambut, 157
 Akar serabut, 157
 Akar tajuk, 158
 Akar tinggal 216
 Alternaria 250
 Aktinomicetes 539
 Amonia, 88, 90
 Amonium. 88
 Amonium nitrat, 91
 Amonium sulfat, 92
 Amofos, 95
 Analisis, 6
 Analisa kebutuhan hara, 66

Analisa tanah, 66
 Analisa tanaman, 67, 114
 Anhidrous ammonia, 89
 Anual 345
 Angin, 171
 Anatomi beras, 169
 Anggrek 353
 Ambon lumut, 117
 Amonium sulfat nitrat, 94
 Akar primer, 11
 Akar sekunder, 11
 aplikasi, 107
 Aphids sp, 367
 Al, 45
 Aerasi, 13
 Autotrop, 19
 Asam superfosfat, 97
 Asimilasi 18
 Asupan 178, ATP, 23
 Anthurium, 407
 Adenium, 409
 Alas pot, 415
 Analisa tanah, 430
 Aeroponik, 510
B
 Bahan pangan, 1.
 Bahan organik tanah, 78
 Bakteri 539
 Bakteri fotosintetik, 24
 Badan bendung, 143
 Bajak tanah 194
 Bak kecambah 213
 Batu fosfat, 96
 Batu bata

522, 523
 Batang 226
 Bawang merah 264
 Barangan merah 334
 Bendungan, 143
 Bedding system, 148
 Bedding plant 345
 Bedengan 234, 364
 Bercak daun 384, 386
 Bercak coklat 384
 Bercak bunga 387
 Bassiana, 367
 Benih 210, 512
 Budidaya, tanaman, 1
 Biannual 345
 Bulir padi, 160
 Biotik, 4
 Bioinsektisida 367
 Bibit, 177, 246
 Bunga, 5, 226
 Bunga potong 349
 Buah 226
 Benih, 5, 512
 Berta chrysolineate, 307
 Besi, 59
 Bekicot 376
 Bibit, 5
 Biji 227
 Bibit 234
 Biji-bijian, 108
 Biologi, 7
 Bobot kering, 8
 Boron, 62
 Buah-buahan 205
 Bundel vascular, 21
 Buah padi, 162
 Bunga padi, 161
 Busuk lunak 385
 Busuk daun

238
 Busuk umbi 238
 Busuk rimpang 279
 Busuk hitam, 39, 379
 Batang bawah, 403
 Batang atas, 403
 Bunga matahari, 405
 Begonia, 411
 Batuan penghias, 415
 Bentuk bonsai, 416
 Bonsai, 413
 Bonsai tegak lurus, 416
 Bonsai tegak lurus beraturan, 416
 Bonsai tegak lurus tidak teratur, 416
 Bonsai tersapu angin, 418
 Bonsai anak air terjun, 418
 Bonsai semi anak air terjun, 418
 Bonsai berkelompok, 419
C
 Cabe 253
 Cabe kering 261
 Cacahan pakis 349
 Cahaya, 19, 28, 400, 425, 529
 Cangkok 218
 Cattleya 364
 Cercospora Carote, 292
 Curah hujan, 13, 313
 Cu, 45
 Clostridium sp 547
 Cross slope ditch, 148

CVPD 318
Catlea 234
Climbing
rose, 401
Cangkok, 511
D

Daerah aliran
sungai
(DAS),122
Daya pikat
347
Daun 226
Difusi,32
Diferensiasi,
10
Dekorasi 347
Dendrodium
264, 353
Deskripsi 327
Determinate,
198
Distribusi, 13
*Dichocricic
punetiferalis*
307

Dolomit 55
Dormansi 211

Defisiensi
kalsium,
55,57
Def.magnesi
m, 59
Def-besi, 59
Def-
mangan,62
Drainase.123,
146,147

E

Ekologi 300
tanaman, 4
Endosperm,
163
Endo
mikoriza 547
Ekto mikoriza
547
Eksternal, 7
Epidermis,
10,20
Embrio, 10,11
EM₄ 554
Epikotil, 11
Epifit 355
Epoh 244
Elektron, 23

F

G

Ganggang
307
Gulma,5,307
Genotip,7
Genetik, 12
Generatif
358, 407, 427
Geragih 217
Gaminae,
158
Gravitasi, 35
Glukosa, 40
Gejala
kekurangan
boron, 63
Gravity
irrigation, 133
Ground
water,119
Gulma, 280,
433

H

Hama 5.
249, 332, 341
Ha.peng.
umbi 237
Hama trip
237
Hanging plant
345
Hara 525
Herba, 239,
345
Herring bone
system,151
helai daun,
159
Hidrogen, 44

Hidrolisa,
30,212
Higroskopis
as,85
hortikultura,1,
205,206
Houseplant
346
Hipokotil, 11
Hipogeal, 12
Hara, 13
Hara mikro,
59
Hara makro,
44
Hara mikro,
44
Hayati,390
Hybrind tea,
401
Hybrind
prepertual,
401
Hypa 548
Hidroponik,
509
Hidroponok
rakit apung,
510,517,519

I

Ilmu tanah
ionisasi. 23
Intensitas
cahaya,
26,170, 354
Indeks
garam,85
Indrabel 5p,
307
Indeterminate,
198
insektisida
369
insektisida
hayati 367
Ingenhausz,
29
Inokulum 368
Internal, 44
Inter cropping
228
Inter flow.119
Interception,1
49
Interception
system,151
Indoor 347
Iklim,,69,105,
402
117, 300.
170,199

irigasi

J

Jagung,182
jaminan
pupuk,103
Jahe 271
Jahe putih
272
Jahe emprit
272
Jahe merah
272
Jalur caspary,
36
Jelita 244
Jeruk 311
Joseph
Priestly, 29
Jaringan
irigasi,140.
Jar.ir.tersier,1
40
Jar-ir-
utama,140

K

Kahat hara
187
Kalium,
52,77,
Kalim
sulfat.98
Kalium
magnesium
sulfat, 98
Karbon, 44
Kadar
pupuk.84
Kandungan
beras,169
Kapasitas
tukar
kation,74
Kapak
kuning333
Kalsit, 55
Kalsium,
55,99
Karbon-dioksi
da, 20,26
Karat Uredo
sp 387

Kebiasaan
tanaman,137
Kedelai 197
Kekeringan
189
kehutanan,2
Kelembaban
nisbi 355, 528
Kemurnian

benih 211	Klor,64	media 5,	23,24
Keseimbangan	Klorofil, 19	Media tanam	Nangka 335
hara,65,107	Klorosis, 47	359	Neolitikum, 2
Ketebalan	Kloroplas,	Makhluk	<i>Nephentens</i>
rumah tangga	19,20	hidup, 7,70	<i>sp</i> , 48
air.136	Kutikula,21	Manajemen	<i>Nephelium</i>
Kelautan	Kultur	pupuk.113	<i>lappaceum</i>
pupuk, 84	jaringan 215	Man-hara	297
Kemasaman	Kuprum, 62	N.114	
pupuk,84	Kumbang	Man- hara	Nematoda
Kentang 131	koksi, 390	P.115	287
Kemiringan	Ketuaan	Makro 538	Nitrogen, 46
tanah.134	bunga, 390	Mangan,60	Nitrifikasi, 49
Ketepatan	Kuping gajah,	Mineralisasi,	Nikel,64
pengairan,15	407	48	Nilai
3	Kerikil, 523	Mikro,99	pupuk,109
Ketinggian		Mikroorganis	NPV 202
tempat 301	L	me 553	NFT, 510
Kepik	Larva 370,	Mikoriza 547	
anggrek 377	371	Multiseluler, 7	O
	Layu bakteri	Media tanam	Optimum,
Kuantitas, 6	238, 279	133, 301	6,13
Kualitas, 6.	Lalat kacang	Membelah	Oncidium,
Kualitas	202	diri 216	364 469
air.127.139	Lahan sawah	Meristem,9,1	Organel, 19
	265	0 Merbabu	Organisme
Kultur teknis	Layu	232	tanah 538
224	Sklerotium	Mesophyl, 21	Oksigen,
Kultivar 225	382	Mitosis, 10	19,44
Kumbang	Lembang 1,	Meiosis,10	Oriza
penggerek	254	Mekanisasi	sativa,157
371, 372	Leguminosa	223	Opal 245
Kebutuhan	540	Minimum, 13	Orong-orong
air,144	lingkungan,	Molibdenum,	237
Kompos 542	12, 354	63	Organik
Kompos	lidah	Morfologi 197	535,537
Bioaktif 553	daun,159	Mulut daun	Osmosis, 33
Kutu daun	lingkungan	21	Okulasi, 403
237, 287,378	354	Mulsa	
Kutu kebul	litofit 356	235,248,537	
249	laju respirasi	Monokultur	P
Kutu perisai	27	228	Padi,157
372	lokasi 227	Monopodial	Pupuk 366
Kutu putih	Lubang tanah	353	Paket
374	Lidah agjah,	Mosaik 251	teknologi,185
Kutu	407316	Mawar, 401	Padang
tempurung	Lempengan	Mawar tea,	rumpun,108
378	rumpun, 432	402	Pangan, 1
Kompos	Larutan hara,	Metode kultur	Paprika 262
366,536	524	air, 510	Paralel ditch
Komposisi,	M	Metoda arus	sytem,148
300	Mangga, 322	kontinyu, 521	Pangkas 248
Kondensasi,	Malai	Mengukur Ph,	Paranet 209
31	padi,161	527	<i>Parmarion</i>
Konidium	Magnesium,	Mycelia 551	<i>Pupilaris</i>
381	57,99,100	N	375
Korteks, 10	Manfaat 245,	Natural	Perenial 345
Kedelai, 11	327	system,151	Penanaman
Kotiledon, 12	Manohora	NADPH,	348
Klasifikasi	232	23,24	Persilangan
pupuk,81	medium,	NADPH ₂ ,	356
Klasifikasi			
irigasi,125			

Penggerek daun 373	304	,7, 11	-----cair, 83,545
Pemakan daun 374	Pengemasan 242	Perkembangan, 7,11	-----
Pertanian organik	Penyaluran air,129,131	Pelindung dingin 208	buatan,82,84
Pestisida 530	Penyakit 238, 332, 340	Penyimpanan pupuk,111, 306	----- kalium 98
Panen,	Penyiangan 236, 318	Persiapan lahan,200	-
186,194,204, 239, 252, 260,263, 268, 281, 288.	Penyiraman 247, 360	Persemaian 214, 255	kalsium,99,100
308, 319' 342	Pendangiran, 178	Pengairan 200	----- kandang 349, 543
Pascapanen, 186,252,282, 309,320, 351	Perkembangan generatif, 5	Penanaman 331	-----
Pedoman teknis, 301, 315, 330, 337, 361	penempatan pupuk,104	Pemupukan dasar 235, 331	majemuk,102
Pepaya	Penyakit, 5, 259,318	Penyulaman 235	-----mikro,100
cibinong 327	Penyiangan 201	Penanaman 200	-----
P.Bangkok 328	Penyiapan 255	Perawatan 305	nitrogen,86
P-Hawai 329	Penataan jaringan.141	Perompesan 258	-----posfat,95
P.Jingga 329	Peredaran N, 47	Pola bulu burung,122	Plyanta, 401
P-Mas 330	Perbanyak tanaman 209	Pola radial,122	Pedoman teknis, 402
pH 527	Penggenangan,142	Pola paralel.122	Pemilihan tanaman, 420
Pigmen, 23	Persiapan 212	Polinia 357	Pembentukan bonsai, 420
Pipa berlubang,13 2	Pintu penguras,143	Prokambium, 10	Pemilihan bentuk bonsai, 422
Pipa bernozle.13 0	Pintu pengambilan. 143	Profil tanah, 71	Pemilihan tanah, 423
Piretrum 281	Pengemasan 343	Phloem, 21	Perawatan bonsai, 423, 514
Pisang 333	Pindah tanam 214	<i>Ploneta diducta</i> , 307	Pengairan, 424,435
Pecahan genting 365	Penggulung daun 203	Potensial air, 37	Pemupukan , 424,434, 514
Perkebunan,1	Penggerek polong 204	Posfat, 5	Pengairan ,431,435
Permata, 244	Pen.pisang 341	Pohon-pohonan 128.	Pemangkasan, 434
Persilangan 356	Pola tanam 304	Pompa air.108	Pindah tanam, 512513
Pergerakan Pelepah daun, 159,160	Perkecambahan 211		Pasir, 522
Penggenangan,130	Prinsip genetis, 5		Perlit, 524
Proses produksi, 2	Prinsip agronomis, 5		Perawatan media tanam, 526
Produksi 240	Produktifitas, 6,180		Ph meter, 527
Perkembangan vegetatif, 5	Pertumbuhan	Pupuk alam, 82	Q
Pemupukan, 110 201, 247, 339		----- an organik' 82,83	R
Peruraian, 48		----- basa,83	Raja bulu 335
Pengairan,12 4,236		-----	Rambut akar, 36
Pengapuran		belerang,100	Rambutan 297,298
		----- asam,83	Ram.binjai 298
		-----hijau 540,541	Ram.cimacan 298
		-----padat 83,540	

Ram-aceh
lebak 298

Random ditch
system,148
Rebah bibit
386
Rekayasa
bioteknologi,1
67
Radikula, 157
Reaksi
terang, 21
Reaksi gelap,
21
Reaksi tanah,
73
Rimpang 283
Rhizobia 546
Run off,119
Runduk 220

Rumah
kaca,207
Rm..kasa 209
Rm.plastik,20
8

Rumput, 427
Rumput
gajah,
428,429
Rumput gajah
mini, 429
Rumput
jepang, 430
Rumput
peking, 430
Rumput golf,
430

Rumpun, 423

S

Sabut kelapa
365
Sprofit 356
setek bang;
seteng daun
234
sayur-
sayuran, 3
,108,221,222

Saluran,144
Sal-
drainase,151

Sekam bakar
349
Seledri 285

irrigation,132
Spora 216
Spodoptera
spp 267

Syarat
tumbuh
199,232,245,
254,264, 273,
286. 311,
330.336. 354

Stolon, 428,
433
Substrat, 510
Sirkulasi air,
514
Serbuk kayu,
524
Sumber hara,
525

T

Tanaman
berkayu 346
Tanjung I
254
Tanjung II
254
Tataletak,152
Teknik, 1
Terrestrial 355
Tanah,68,172
,199, 254,314
Tanah
berlereng.135
Tanaman
menghasilkan
318
Tanaman
inang, 369
370,
Tali rafia
363
Tembakau
281
Tindak
budidaya, 2
Thrips
anggrek 377
Tingkat
pemakain.14
5
Ting.efisiensi,
145
Teknik
budidaya, 3,
200
Tekanan
hidrostatik, 34
Tekstur
tanah, 72
Tekanan

kapiler,
34
Tekanan
turgor, 35
Tekanan
akar, 38
Tempel 219
Temperatur
,311, 391,399

Tinggi dari
permukaan
laut, 13
Tilakoid, 21
Tip burn, 57
Transpirasi,
30
Turgor, 30

Tungau 370
Tungau
merah 370
Tungau
jingga 377

Tomat 243
Topografi,
70,134
Top soil.136
Trichogramma
a toideea 202
Tunas 218
Temperatur,
391
Teknik
pemangkasa
n bonsai, 420
Topdressing
435

U

Uji dingin 210
Ulat grayak
202
Ul-engkal 202
Ul- polong
203

Umbi 269
Um-batang
216
Um- lapis 216

Uniseluler,7

Unsur N, 44
Unsur mobil,
47
Unsur pupuk,
81
Urea,92,93

Ulat grayak

237
Ulat buah 250
Ulat bunga
373, 374
Ulat jengkal
307

V

Vanda teret
364

Varitas
unggul, 4,
Var.padi 166,
Vegetatif 215,
357,407, 428
Veg.alami
216
Vena, 21
Venus flytrap
, 46
Verticillium,
54
Vegetatif 358
Virus 239
Vitamin, 425
Vertikultur,
519
Vermikulit
524

W

Warna beras,
168
Waktu,71
Wali songo,
407

X

Xilem akar,
36

Y

Z

Zamrud 245
Zinkum, 59
Zigot, 11

DAFTAR TABEL

1	Tingkatan mudah tidaknya jaringan organisme didekomposisi	79
2	Pembawa Nitrogen organik	87
3	Pembawa nitrogen anorganik	90
4	Pembawa fosfor	97
5	Pupuk Kalium	98
6	Garam-garam unsur mikro yang biasa dipakai pada pupuk	101
7	Klasifikasi air pengairan berdasarkan nilai SAR (Bandingan adsorpsi natrium)	125
8	Klasifikasi air irigasi menurut US Salinity Laboratory	126
9	Klasifikasi air pengairan (irigasi) menurut Scofield	127
10	Kebutuhan air beberapa jenis tanaman pada setiap fase fenologi	138
11	Perkiraan potensi air dengan pengembangan irigasi menurut wilayah, tahun 1990-2020	154
12	Analisa ekonomi usaha tani jaugung hybrida	195
13	Klasifikasi botani beberapa jebis sayuran	229

14	Jenis hama penyakit pada bawang	270
15	Klasifikasi buah-buahan menurut kedudukan sistematik, tipe, dan pemanfaatan	294
16	Jarak tanam dan jumlah pohon perhektar	462
17	Kriteria kematangan buah berdasarkan jumlah berondolan	479
18	Jenis polifonel pada teh yang telah teridentifikasi dan tingkat kandungan rata-rata	482
19	Produksi pucuk basah pada berbagai tingkat jarak tanam	486
20	Kriteria umur batang untuk okulasi	491
21	Unsur hara dan sumbernya	532
22	Gejala-gejala kekurangan hara	534
23	Kadar rata-rata unsur hara yang terdapat pada pupuk kandang	544
24	Berbagai sumber bahan organik (tanaman) dan C/N nya	544

DAFTAR GAMBAR

1	Titik Tumbuh pada Ujung Batang kedelai	8
2	Susunan sel titik tumbuh pada ujung akar	9
3	Susunan sel titik tumbuh batang	10
4	Perkecambahan Hipogaeal	11
5	Perkecambahan Epigaeal	12
6	Skematik proses fotosintesa	20
7	Penampang melintang daun	21
8	Skematik reaksi terang dan gelap dari proses fotosintesa.....	22
9	Lintasan fotosintem I	24
10	Lintasan fotosistem II.....	25
11	Peredaran air dimuka bumi.....	31
12	Peristiwa kapilaritas.	34
13	Peristiwa gutasi pada daun	37
14	Daur unsur nitrogen lingkungan	47
15	Perubahan bentuk senyawa nitrogen	48
16	Peredaran hara posfat di alam	50
17	Defisiensi fosfor pada daun anggur	51
18	Defisiensi posfor pada tomat	52
19	Ketersediaan K dalam tanah	53
20	Gejala kekurangan kalium pada paprika	56
21	Gejala kekurangan kalium pada daun labu.....	56
22	Buah apel yang mengalami kekurangan kalsium.....	57
23	Mengeringnya buah tomat akibat kekurangan kalsium.....	58
24	Daun jeruk yang mengalami defisiensi magnesium.....	58
25	Defisiensi besi pada daun bunga rose	60
26	Defisiensi besi pada rumputan	60
27	Defisiensi besi pada daun jeruk	61
28	Gejala defisiensi mangan	61
29	Gejala defisiensi boron pada daun anggur	62
30	Gejala toksisitas boron pada daun tomat	63
31	Gejala defisiensi molibdenum	64
32	Daun yang mengalami keracunan klor	65
33	Tahapan proses analisis tanah	67
34	Tahapan proses analisis jaringan tanaman	68
35	Perbandingan volumetrik dari komposisi tanah	71
36	Penampang melintang tanah	72
37	Tipe agregat tanah	73

38	Ilustrasi skematik dari pertukaran kation antara permukaan negatif dari partikel liat dan larutan tanah	77
39	Konversi ammoniak ke beberapa bentuk pupuk nitrogen	91
40	Tahapan pembentukan amonium dari asam nitrit	94
41	Manajemen pengairan merubah distribusi garam tanah.....	123
41	Penggunaan drainase untuk mengelola ketersediaan air	146
43	Pengaturan pengairan sesuai dengan kebutuhan tanaman	147
44	Sketsa lahan pertanian dengan saluran irigasi dan saluran drainase searah	150
45	Sketsa lahan pertanian dengan penurunan pangkal dan topografi dengan saluran drainase sejajar	151
46	Tata letak pipa saluran	152
47	Sketsa pembuangan drainase	153
48	Pertumbuhan akar padi	158
49	Pertumbuhan daun padi	159
50	Bagian daun tanaman padi	160
51	Malai padi	161
52	Bunga padi	161
53	Proses perkecambahan padi	165
54	Padi dewasa	166
55	Pertumbuhan varietas IR 64 di lahan sawah	166
56	Akar jagung	183
57	Batang jagung	184
58	Daun jagung	184
59	Bunga jantan jagung	185
60	Bunga betina jagung	185
61	Buah jagung siap panen	185
62	Urutan penanaman jagung	186
63	Beberapa gejala kerusakan dari batang jagung	190
64	Beberapa gejala kerusakan pada akar jagung	191
65	Beberapa kerusakan pada tongkol jagung	192
66	Pohon industri jagung	196
67	Daun kedelai	198
68	Setelah penanaman padi dapat dilakukan	200

	penanaman kedele	
69	Areal pertanaman kedele	200
70	Hubungan antara hortikultura dengan ilmu lainnya	205
71	Piramida makanan	207
72	Bentuk rumah kaca	207
73	Rumah plastik	208
74	Pelindung bibit dari suhu rendah	209
75	Rumah kaca	209
76	Teknik penanaman benih langsung di lapangan	212
77	Bak kecambah yang dalam satu tempat banyak tanaman	213
78	Tipe bak kecambah satu lubang satu tanaman	213
79	Pot pembibitan	213
80	Bak persemaian yang telah diisi dengan tanah	213
81	Persemaian pada bak kecambah untuk benih yang berukuran besar	214
82	Persemaian pada bak kecambah untuk benih berukuran kecil	214
83	Tanaman yang siap dilakukan pindah tanam	214
84	Teknik pindah tanam dari bibit yang ditanam pada bak kecambah	214
85	Teknik mencabut bibit dari pot	215
86	Perbanyakan dengan rhizome	216
87	Perbanyakan dengan umbi batang	217
88	Perbanyakan dengan geragih	217
89	Perbanyakan dengan tunas	217
90	Teknik mencangkong tanaman	218
91	Perbanyakan dengan setek batang	218
		
92	Beberapa jenis perbanyakan dengan setek daun	219
93	Perbanyakan tanaman dengan teknik menempel	219
94	Teknik sambung pucuk	220
95	Teknik perbanyakan tanaman dengan runduk	220
96	Sayuran yang dikeringkan	228
97	Tanaman cabe	253
98	Penanaman cabe pada lahan terbuka dengan mulsa plastik	257
99	Buah cabe paprika	262
100	Bawang merah yang sudah dikering	264

	siap untuk dijual	
101	Seledri daun yang ditanam dalam pot	285
102	Penampang tangkai daun dari seledri tangkai	286
103	Aneka jenis buah rambutan berdasarkan besar kecilnya biji	298
104	Rambutan mengkal (belum masak sempurna)	308
105	Rambutan masak	308
106	Kebun jeruk berastagi	311
107	Buah jeruk yang masih pentil	319
108	Buah jeruk yang masih hijau	320
109	Buah jeruk yang siap panen	320
110	Mangga duren	322
111	Mangga arumanis	323
112	Pepaya cibinong	327
113	Pepaya bangkok	328
114	Pepaya hawai	329
115	Pepaya jingga	329
116	Pepaya emas	330
117	Pisang ambon lumut	333
118	Pisang kapok kuning	333
119	Pisang ambon kuning	334
120	Pisang nangka	325
121	Pisang raja bulu	335
122	Tanaman yang diletakkan pada pot gantung.....	346
123	Tanaman hias yang diletakkan dalam ruangan	346
124	Penggabungan golongan tanaman berkayu dalam satu lanskap	347
125	Mawar kampung	401
126	Bunga matahari	405
127	Salah satu jenis anthurium	407
128	Adenium	409
129	Salah satu jenis begonia	411
130	Tanaman yang dibonsai	413
131	Aneka bentuk pot bonsai	414
132	Beberapa bentuk pot 99) gajah (b) naga	415
133	Batu penghias bonsai	415
134	Bonsai bentuk tegak lurus beraturan	416
135	Bonsai tegak lurus tidak beraturan	417
136	Bentuk bonsai tersapu angin	418
137	Bonsai anak air terjun	418
138	Bonsai berkelompok	419
139	Beberapa alat bantu yang digunakan	420

	dalam bertanam bonsai	
140	Tahapan pembuangan akar	421
141	Pengkawatan pada proses pembentukan bonsai	421
142	Beberapa teknik pemangkasan pada pembentukan bonsai	422
143	Pengikatan pada pangkal batang sehingga batang membengkak	422
144	Pembentukan cabang bonsai	423
145	Lapangan rumput pada halaman rumah	427
146	Bibit rumput gajah	428
147	Stolon rumput	428
148	Bagian-bagian rumput	428
149	Rumput gajah	429
150	Padang Golf	430
151	Bibit rumput dalam bentuk rumpun (a) penanaman rumpun rumput di lapangan (b)	432
152	Bibit rumput dalam bentuk sod/lempengan	433
153	Cara penanaman bibit di lapangan	433
154	Beberapa jenis alat pemotong rumput	434
155	Dua jenis rumput yaitu rumput golf (kiri) gajah (kanan)	437
156	Pertanaman tembakau	438
157	Batang tembakau	439
158	Biji tembakau	440
159	Bunga tembakau	441
160	Penyemaian benih tembakau	443
161	Cara mencabut bibit tembakau	443
162	Proses pengeringan daun tembakau	447
163	Buah kakao	452
164	Buah kelapa sawit	470
165	Perkebunan kelapa sawit	470
166	Kelapa sawit di pembibitan awal (atas) dan di pembibitan utama	475
167	Pohon teh	481
168	Kebun entres	491
169	Cara mengokulasi karet	492
170	Bakal batang bawah	492
171	Pemotongan batang bawah	493
172	Batang bawah siap dilakukan okulasi	493
173	Pekerjaan mengokulasi	493
174	Batang bawah dengan tunas hasil okulasi	493

175	Bibit karet siap di tanam	494
176	Pengangkutan bibit karet dengan truk atau jender	494
177	Mesin traktor pengolahan lahan	495
178	Pembuatan ajir pada lahan datar	495
179	Pembuatan ajir pada lahan bergelombang	496
180	Mesin pembuat lubang tanam	496
181	Bentuk lubang tanam	496
182	Mal untuk mengukur kedalaman lubang tanam	496
183	Penimbunan lubang tanam setelah pindah tanam dengan mempergunakan tenaga manusia	497
184	Perkecambahan benih karet sebagai sumber batang bawah	498
185	Kacangan yang sudah tumbuh	498
186	Kacangan yang siap di tanam ke lapangan	498
187	Penanaman kacang diantara barisan karet	499
188	Proses pencampuran pupuk	500
189	Pemberian pupuk pada tanam belum menghasilkan	501
190	Penyiangan gulma pada kawasan tanaman penutup tanah	501
191	Bidang sadap karet	503
192	Tanaman karet belum menghasilkan	504
193	Penimbangan lateks	507
194	Komponen penyusun dalam kultur air	510
195	Salah satu stoples sebagai wadah hidroponik	510
196	Menanam tumbuhan dalam air dengan menggunakan gabus dan kapas sebagai penyangga	511
197	Beberapa hidroponik substrat	515
198	Hara pada bak dialirkan dengan bantuan pompa masuk ke paralon berbentuk O. Dari paralon tersebut nutrient dialirkan ke talang penanaman dan melalui selang inlet akan mengalir dalam talang yang dibuat miring akan masuk kembali ke dalam paralon melalui selang outlet menuju tangki penampungan	516
199	Sayuran ditanam dengan aeroponik	516
200	Pot piva PVC yang disusun vertikal	

	menyerupai rak	520
201	Beberapa peralatan dan cara pembuatan lubang tanam pada kolom vertikal bambu	520
202	Teknik pembuatan lubang tanam pada wadah tanam	520
203	Wadah yang telah siap diisi media tanam dan ditanami	520
204	Beberapa model susunan kolom horizontal	520
205	Kolom horizontal bambu yang telah siap disusun dan siap untu ditanami	521
206	Sawi yang dibudidayakan dalam kolom vertikal paralon	521
207	Slada yang dibudidayakan dalam kolom vertikal paralon	521
208	Sawi sendok yang dibudidayakan secara vertikal	521
209	Salah satu contoh hidroponik dengan menggunakan metode arus kontinyu	522
210	Hidroponik dengan menggunakan pasir	523
211	Tanaman tomat yang ditanam pada jerami kering	524
212	Penampang melintang akar yang tidak bermikroriza	548
213	Penampang melintang akar bermikoriza	548
214	Perbedaan pertumbuhan akar kedelai bermikroriza dengan tidak	549

ISBN 978-979-060-055-3
ISBN 978-979-060-056-0

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 18.018,00