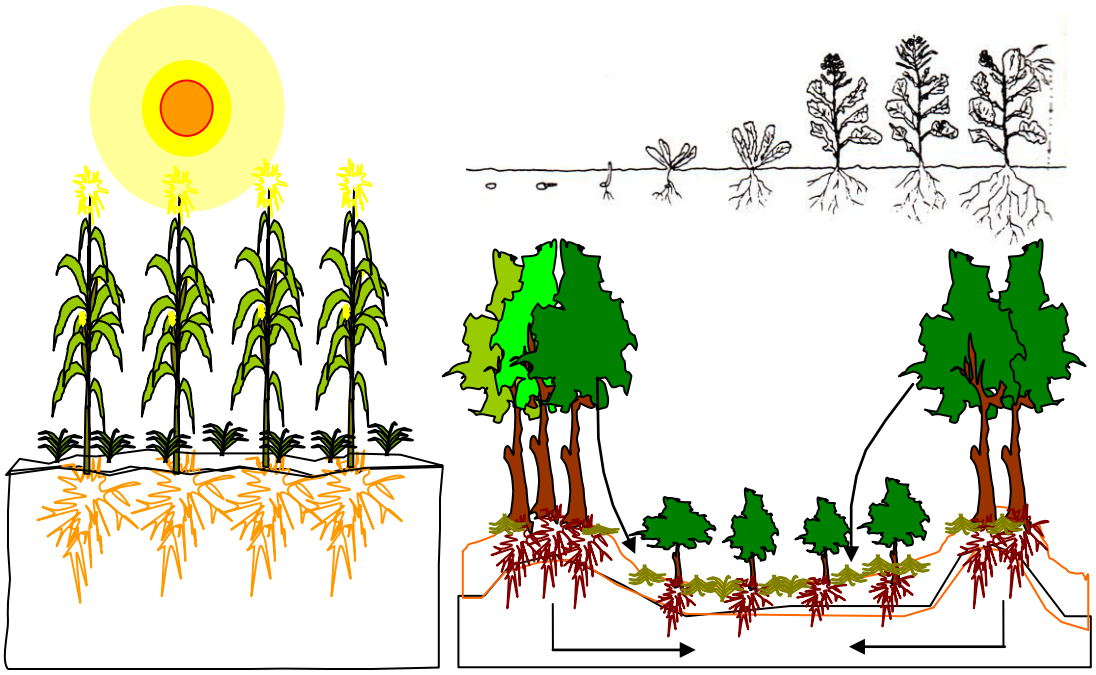
DASAR-DASAR AGRONOMI

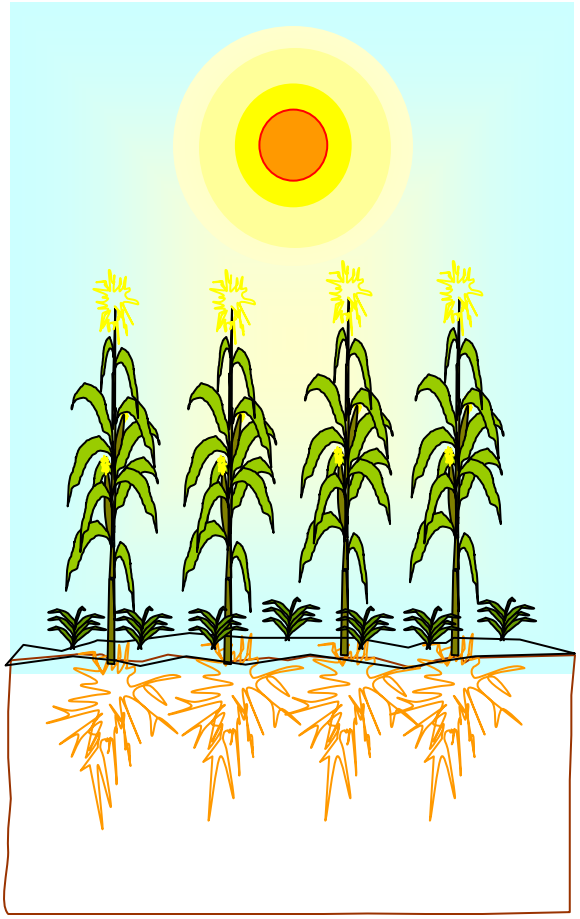


Oleh:

Soehartini Riyanto
Sadaruddin
Susylowati
Syakhril
Hadi Pranoto
Yazid Ismi Intara

JURUSAN AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS MULAWARMAN
SAMARINDA
2022

DASAR-DASAR AGRONOMI



Oleh:

Soehartini Riyanto
Sadaruddin
Susylowati
Syakhril
Amjaya
Hadi Pranoto
Yazid Ismi Intara

JURUSAN AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS MULAWARMAN
SAMARINDA
2022

DASAR-DASAR AGRONOMI

Oleh: **Prof. Dr. Soehartini Riyanto, M.Sc**
Dr. Sadaruddin, M.P
Ir. Susylowati, M.P
Ir. Amjaya, M.P
Ir. Syakhril, M.Si
Ir. Hadi Pranoto, M.P
Yazid Ismi Intara, S.P, M.Si

Editor: **Prof. Dr. Soehartini Riyanto, M.Sc**
Ir. Syakhril, M.Si

Lay Out Gambar:

Yazid Ismi Intara, S.P, M.Si

Buku ini dipakai untuk kalangan sendiri

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara dan dalam bentuk apapun tanpa seizin penulis.

DAFTAR ISI

		halaman
KATA PENGANTAR		
DAFTAR TABEL		
DAFTAR GAMBAR		
BAB I	PENDAHULUAN	1
	1.1. Pengertian Agronomi	1
	1.2. Penggolongan Tanaman Agronomi	4
	1.3. Sistem Pertanian di Indonesia	8
BAB II	FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PRODUKSI TANAMAN BUDIDAYA PERTANIAN	10
	2.1 Faktor Iklim	11
	2.2 Faktor Tanah	18
	2.3 Faktor Tanaman	22
	2.4 Faktor Sosial Ekonomi	24
	2.5 Usaha Peningkatan Produksi/ Hasil Tanaman Secara Nasional	25
BAB III	STRUKTUR, MORFOLOGI DAN FUNGSI TANAMAN	26
	3.1. Sel dan Komponennya	26
	3.2. Jaringan dan Sistem Jaringan	30
	3.3. Struktur Morfologi Tanaman	32
BAB IV	PERBANYAKAN TANAMAN	46
	4.1. Perbanyakan Generatif	47
	4.2. Perbanyakan Vegetatif	59
BAB V	TANAM DAN PEMELIHARAAN TANAMAN	70
	5.1. Persiapan Tanam	70
	5.2. Penanaman	74
	5.3. Pemeliharaan Tanaman	84
	5.4. Pengendalian Hama, Penyakit Tanaman dan Gulma	88

BAB VI PUPUK DAN PEMUPUKAN 96
6.1. Arti Pupuk dan Pemupukan 97
6.2. Penggolongan Pupuk 98
6.3. Sifat-sifat Pupuk 99
6.4. Dasar-dasar Pertimbangan Pemupukan 100
6.5. Perhitungan Keperluan Pupuk 101
6.6. Beberapa Cara Pemupukan 106
6.7. Beberapa Unsur Hara Makro (Fungsi dan Gejala Defisiensi) 107
BAB VII MULTIPLE CROPPING (SISTEM PERTANAMAN GANDA) 110
7.1. Pola Tanam *Multiple Cropping* (Tanaman Ganda) 112
7.2. Kemungkinan Kombinasi Beberapa Karakter Tanaman dalam *Intercropping* 121
7.3. Faktor-Faktor yang Diperhatikan dalam Pelaksanaan *Intercropping* 121
7.4. Keuntungan Sistem *Multiple Cropping* 122
7.5. Kelemahan Sistem *Multiple Cropping* 126
7.6. Evaluasi Pola Tanam Multiple Cropping 126
7.7. Indeks *Multiple Cropping* (*Multiple Cropping Index* = MCI) atau indeks Pertanaman (IP) 128
BAB VIII PANEN DAN PENANGANAN PASCA PANEN 131
8.1. Tanaman Padi 131
8.2. Tanaman Jagung 136
8.3. Tanaman Kelapa Sawit 144
8.4. Tanaman Hortikultura 148

DAFTAR PUSTAKA 150

BAB I. PENDAHULUAN

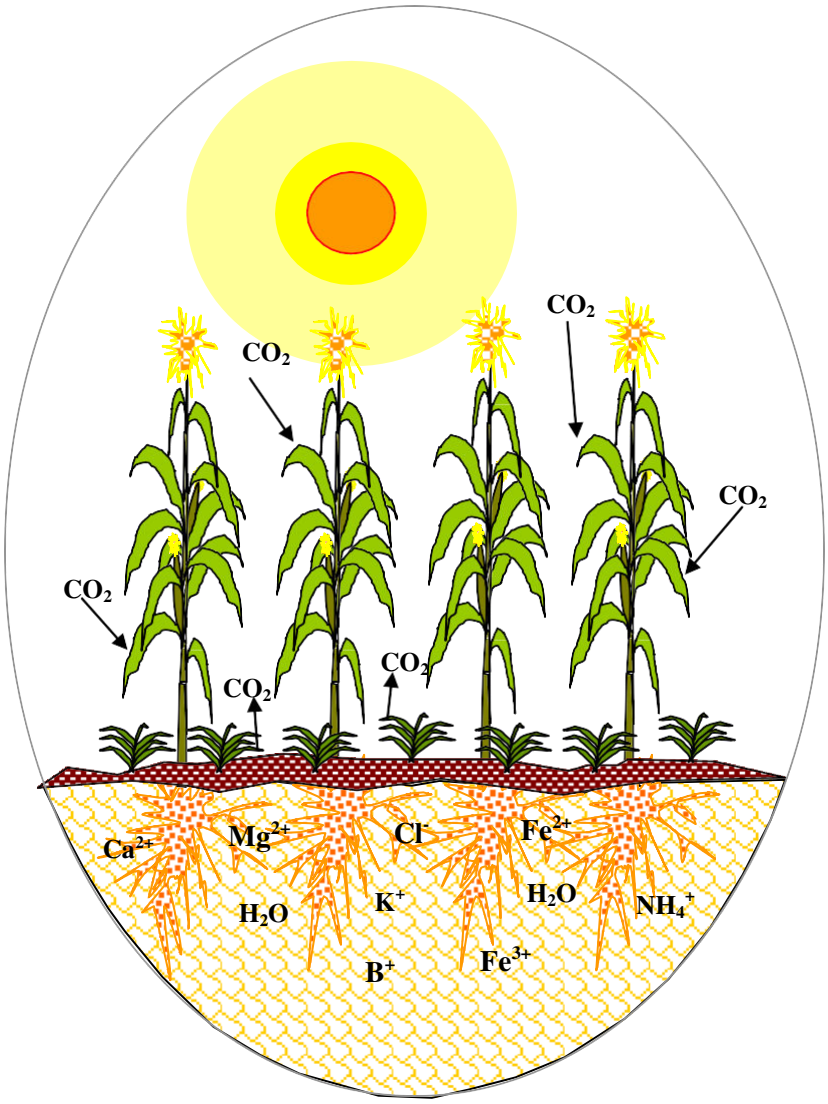
Untuk memenuhi kebutuhan pangan, manusia sangat tergantung tanaman dan faktor lingkungan dimana tanaman tersebut hidup. Kebutuhan hidup manusia tidak hanya pangan saja, tetapi juga sandang, papan serta masih banyak keperluan lain untuk menunjang kehidupannya. Untuk memperoleh bahan-bahan tersebut, manusia membudidayakan tanaman dan mengelola lingkungannya agar memberi hasil yang baik.

Menurut hasil penggalian purbakala, legenda dan remote sensing, pada awalnya manusia untuk mendapatkan makanannya dengan berburu dan mengumpulkan hasil hutan. Mereka berpindah-pindah tempat tergantung nalurinya. Kegiatan pertanian dimulai kira-kira 10.000 tahun yang lalu dimulai oleh kaum perempuan. Waktu itu mereka menyiapkan masakan untuk keluarganya secara tidak sengaja terbuang sebagian dari biji-biji dari bahan pangannya. Biji-biji yang terbuang tersebut kemudian tumbuh dan menghasilkan. Dari pengamatannya itu kemudian mereka mulai membudidayakan tanaman pangan tersebut di ladang dekat tempat tinggal mereka dengan cara dan alat yang sangat sederhana. Dari saat itulah kegiatan pertanian dimulai.

Pada perkembangan selanjutnya terbentuklah pertanian yang masih primitif yaitu "*Shifting cultivation*". Penduduk membuka hutan, menebas dan membakarnya untuk dijadikan ladang. Tanaman yang ditanam umumnya merupakan tanaman pangan untuk memenuhi kebutuhan keluarganya, dengan menggunahan tugal, sebagai alat untuk menanam. Bilamana lahan pada ladang tersebut kesuburan tanahnya mulai menurun, maka mulailah mencari lahan yang lain dengan menebang dan membakar hutan di tempat lain, untuk dijadikan ladang, demikian seterusnya. Dengan meningkatnya jumlah penduduk kebutuhan pangan meningkat, sedangkan lahan terbatas, cara tebas bakar hutan tidak bisa dipertahankan lagi, maka mulailah pertanian menetap. Untuk mencukupi kebutuhan pangan penduduk, segala usaha diupayakan agar tanaman pangan yang dibudidayakan memberikan hasil yang baik.

1. 1. Pengertian Agronomi

Agronomi berasal dari bahasa Yunani (Chandra, 1989), dari dua kata yaitu "*agros*" artinya lapang produksi (*field*) dan "*nomos*" artinya pengelolaan (*to manage*), dengan demikian Agronomi adalah ilmu yang mempelajari cara pengelolaan tanaman dan lingkungannya untuk mendapatkan produksi/hasil yang maksimum.



Gambar 1. Tanaman dan lingkungannya
Keterangan gambar: Faktor lingkungan terdiri dari matahari, udara, tanah (fisika, kimia, biologi tanah)

Ada yang membedakan antara pengertian hasil (*yield*) dan produksi (*production*). Menurut Asparno Marjuki (1994), hasil adalah produk per satuan luas lahan, misalnya hasil gabah kering per hektar (ton ha^{-1}) atau kg m^{-2}. Sedangkan produksi adalah produk persatuan wilayah, misalnya produk gabah kering di Kalimantan Timur atau produk gabah kering di Indonesia. Akan tetapi untuk pengertian tersebut belum ada ketentuan secara baku, jadi tidak ada masalah menggunakan istilah hasil atau produksi dalam kontek produk persatuan luas lahan atau per wilayah. Hasil atau produksi bisa berbentuk gabah kering (padi), pipilan kering (jagung), serat (tanaman serat-seratan), getah (karet), tandan buah segar disingkat TBS (untuk kelapa sawit) dan lain-lain.

Tanaman agronomi dalam pengertian sebenamya adalah tanaman yang hasilnya dalam bentuk butir-butiran (*cerealia*) misalnya padi, gandum, jagung, dan tanaman pakan ternak (*pasture)* misalnya rumput dan tanaman pakan ternak yang tergolong legume. Tetapi kemudian tanaman agronomi bisa diartikan dalam cakupan yang lebih luas, tidak hanya tanaman serealia dan tanaman pakan ternak saja, tetapi juga tanaman-tanaman pertanian lainnya, misalnya tanaman yang tergolong hortikultura, serat-seratan, tanaman industri, tanaman rempah-rempah, tanaman obat-obatan dan sebagainya sehingga tanaman agronomi bisa disebut tanaman budidaya pertanian.

Tujuan mengelola tanaman dan lingkungannya agar diperoleh hasil atau produksi yang maksimum. Hasil atau produksi disini, baik dalam arti kuantitas atau kualitas. Kuantitas diukur dalam hal banyaknya atau jumlahnya, sedangkan kualitas diukur dari misalnya kandungan gizi, rasa, tekstur, warna dan lain-lain. Di Indonesia pada beberapa dasa warsa yang lalu, khususnya untuk tanaman pangan (padi) yang penting produksinya cukup untuk memenuhi kebutuhan pangan penduduknya. Akan tetapi sekarang dengan semakin meningkatnya tingkat sosial masyarakat, masuknya beras impor yang rasanya lebih enak, diperlukannya sumber daya manusia yang berkualitas, maka kualitas produksi pangan yang dihasilkan perlu mendapat perhatian.

Faktor tanaman menentukan tinggi rendahnya hasil tanaman. Varietas unggul tanaman pangan umumnya mempunyai produksi yang lebih tinggi dari varietas lokal. Varietas unggul dari beberapa tanaman pangan, antara lain: Padi sawah: IR-64, Membramo. Padi ladang: Gajah Mungkur, Jatiluhur. Jagung: Pioneer, Hibirida-7, Bisi-II; Kedelai: Wilis ; Kacang hijau: Walet; Varietas unggul tanaman serat, antara lain : Kenaf : Hc 48, Hc 33, Hc 64.

Tanaman varietas unggul tidak menunjukkan keunggulan bila lingkungan tempat tumbuhnya tidak dikelola dengan baik. Pengelolaan tempat tumbuh tanaman tersebut misalnya: penyiangan, pengolahan tanah yang optimal, pemupukan yang berimbang, penyiraman (pengairan) sesuai dengan kebutuhan tanaman, pengendalian hama dan penyakit, pengaturan jarak tanam dan populasi tanaman yang optimum.

Sebaliknya meskipun pengelolaan lingkungan sudah dilakukan dengan baik (dilakukan secara optimal), tetapi kalau yang digunakan varietas lokal, belum tentu diperoleh hasil yang maksimal. Sebaiknya bila diharapkan hasil tanaman yang tinggi, disarankan menggunakan varietas unggul dengan pengelolaan tanaman yang optimal.

1. 2. Penggolongan Tanaman Agronomi (Tanaman Budidaya Pertanian)

1.2.1. Media Tumbuh

Berdasarkan media tumbuh, tanaman dapat dibagi menjadi tiga yaitu :

a. Media Tumbuh Tanah: Hampir sebagian besar tanaman atau tumbuhan, media tumbuhnya adalah tanah. Pembudidayaan tanaman pertanian dengan media tumbuh tanah disebut *" geoponic"*

b. Media Tumbuh Air : Tanaman dengan media tumbuh air, sebagai contoh yang tumbuh dengan media tumbuh air, secara alami adalah kangkung, bunga teratai. Akan tetapi sekarang sudah ada beberapa jenis tanaman yang ditumbuhkan dalam pot atau bak yang berisi air dengan ditambahkan larutan nutrisi dan hormon. Sistem budidaya dengan menggunakaan media tumbuh air ini disebut " *hydroponic* " . Contoh membudidayakan tanaman sayur-sayuran (tomat, sawi) dalam pot secara hydroponic sudah banyak dilakukan di kota-kota besar,dimana tidak mempunyai lahan yang luas.

c. Media Tumbuh Udara

Ada beberapa tanaman dengan media tumbuh bukan tanah atau air, tetapi udara. Meskipun hal ini tidak banyak jenisnya, tetapi secara alami banyak dijumpai di hutan, misalnya anggrek, paku-pakuan yang hidup menempel di pohon-pohon, tanpa mengambil bahan makanan dari pohon dimana tanaman tersebut menempel. Akan tetapi sekarang sudah ada tanaman yang dibudidayakan dengan menggunakan media tumbuh udara, disebut "*aeroponic"* misalnya di Indonesia, di Lembang, PT. MOMENTA AGRICULTURA, mengusahakan sayuran selada, sawi dengan media tumbuh udara yang secara periodik disemprot dengan larutan nutrisi dan hormon.

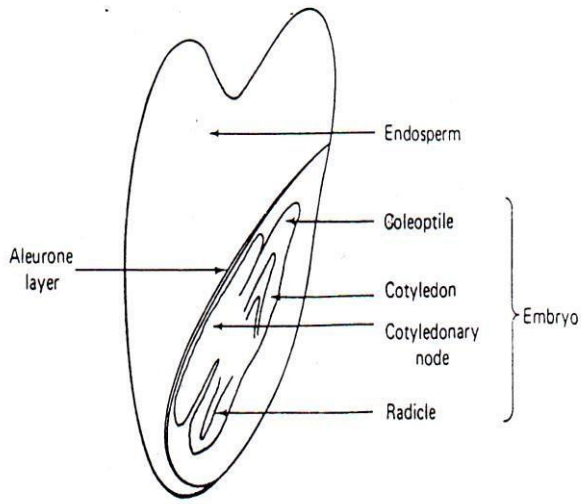
1.2.2. Keping biji *(Cotyledon)*

Berdasarkan keping biji tanaman pertanian dapat diklasifikasikan, yaitu monokotil dan dikotil. Kotiledon didefinisikan sebagai daun pertama yang berfungsi sebagai penyedia atau penyimpan zat makanan cadangan (Stoskopf, 1981).

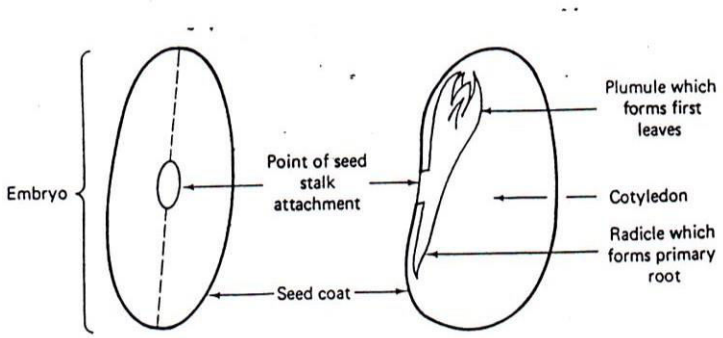
Perbedaan dasar antara monokotil dan dikotil tersebut dari bijinya. Pada

monokotil,seperti jagung, padi, biji berisi embrio yang menempati 10% dari biji sisanya 90% ditempati oleh zat cadangan makanan yang bersifat pati yang dikenal sebagai *endosperm*.

Pada dikotil, seperti kacang-kacangan, seluruh biji terdiri dari dua kotiledon ditambah embryo calon akar dan daun (Gambar 2 dan 3). Bila kacang



Gambar 2. Struktur biji monokotil (Stoskopf, 1981)



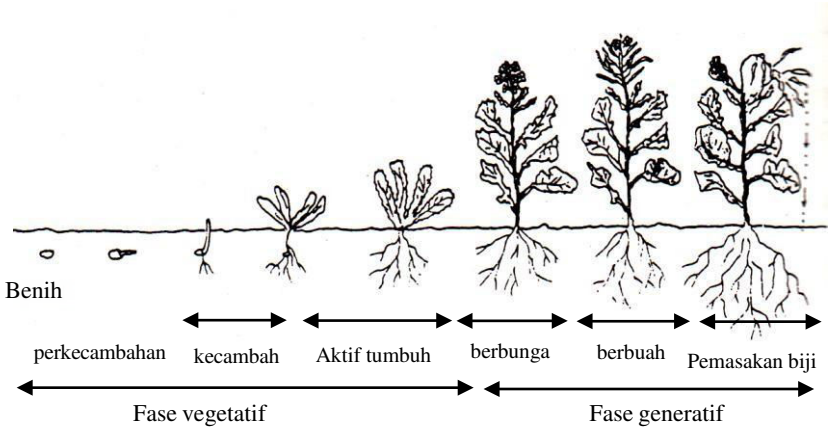
Gambar 3. Struktur biji dikotil (Stoskopf, 1981)

berkecambah, kotiledon terangkat ke atas menembus tanah, berubah warna menjadi hijau setelah muncul dan menghasilkan fotosintesis sampai daun pertama berkembang untuk melangsungkan proses fotosintesis.

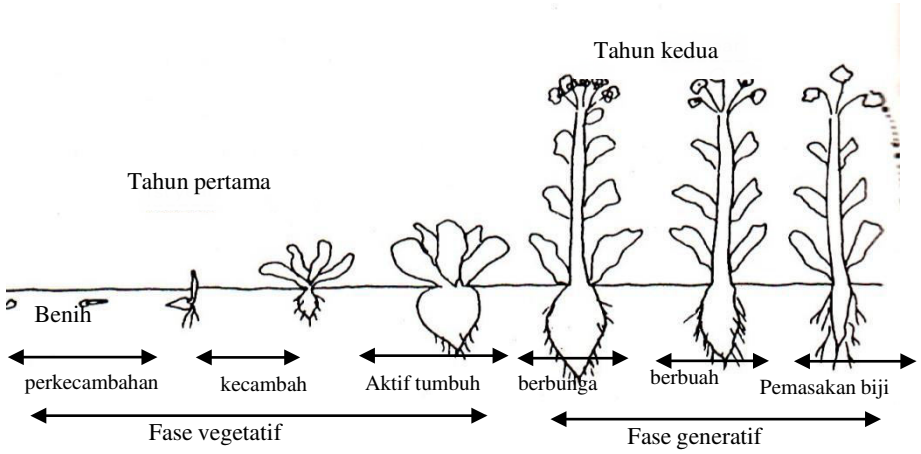
1. 2. 3. Siklus Hidup.

Siklus hidup adalah umur tanaman mulai pertama kali tanaman tumbuh sampai

menghasilkan buah atau biji yang bisa dipanen. Pada umumnya, siklus hidup tanaman terdiri dari fase vegetatif dan fase generatif (fase reproduktif).



Gambar 4. Perkembangan siklus tanaman *annual* (Prevost, 1997)



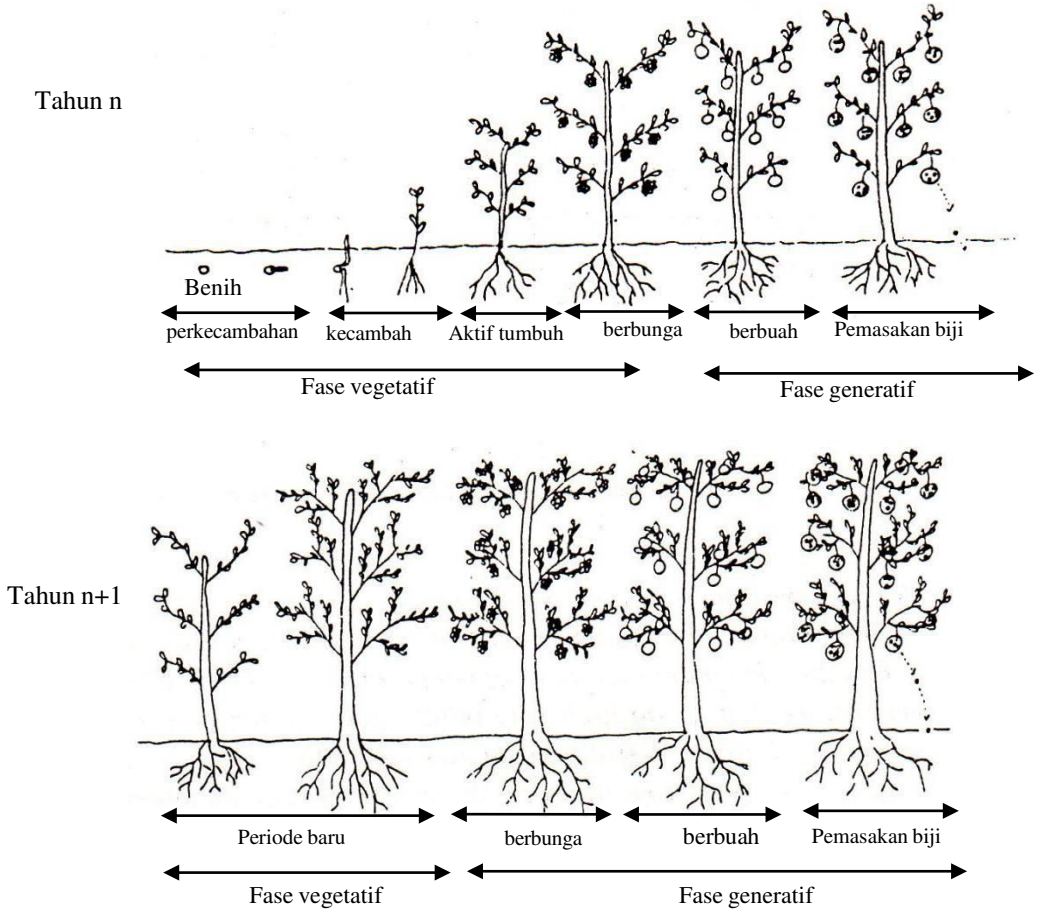
Gambar 5. Perkembangan siklus tanaman *biennual* (Prevost, 1997)

Berdasarkan siklus hidup, tanaman pertanian dibagi menjadi tiga golongan yaitu :

a. Tanaman semusim *(annual)* yaitu tanaman yang umurnya ± satu musim tanam, mulai dan saat tanam sampai panen, kemudian tanamannya kering (mati), artinya tanaman melengkapi siklus hidupnya dalam data tahun (Gambar 4) misalnya: padi, jagung, kedelai dan sebagainya. Umur jagung, padi, dan kedelai sampai panen 3-4 bulan.

b. Tanaman dua musim atau dwi tahunan (*biennual*) yaitu tanaman yang umurnya ± dua musim atau dua tahun, mulai tanam sampai tanaman dipanen, artinya tanaman melengkapi siklus hidupnya dalam waktu dua tahun. Tahun pertama tanaman

menyimpan zat makanan cadangan di akar, batang atau daun, dan tahun kedua menghasilkan biji atau buah (Gambar 5) misalnya: tebu, pisang, dan sebagainya. Misalnya tanaman tebu dari tanam sampai panen, mencapai 13-18 bulan, tergantung varietasnya.



Gambar 6. Perkembangan siklus tanaman *perennial* (Prevost, 1997)

c. Tanaman tahunan *(perennial)* yaitu tanaman yang umurnya sampai beberapa tahun, mulai tanam, tanaman menghasilkan beberapa kali panen sampai tanaman tidak menghasilkan buah yang bernilai ekonomis. Misalnya : kelapa sawit, mangga, durian dan sebagainya (Gambar 6). Menurut Suyanto Risza (1995), tanaman kelapa sawit biasanya dibagi atas 6 kelompok umur yaitu :

a). TBM	0-3 tahun	muda (belum menghasilkan)
b). TM	3-4 tahun	remaja (produksi ha^{-1} ; sangat rendah)
c). TM	5-12 tahun	taruna (produksi ha^{-1} ; mengarah naik)
d). TM	12-20 tahun	dewasa (produksi ha^{-1} ; posisi puncak)

e). TM 20-25 tahun tua (produksi ha^{-1} ; mengalami penurunan)

f). TM 26 tahun renta (produksi ha^{-1} ; sangat rendah)

catatan : TBM = Tanaman belum menghasilkan •TM = Tanaman menghasilkan

Pada tanaman kelapa sawit jika tanaman sudah mencapai umur tergolong tua, produksinya sudah sangat rendah, sulit dipanen, pahon terlalu tinggi, maka sebaiknya segera diremajakan.

1.2.4. Kegunaannya

Berdasarkan kegunaannya tanaman pertanian digolongkan menjadi :

a. Tanaman Pangan. Tanaman yang tergolong tanaman pangan, misalnya: padi, jagung, kedelai, ketela pohon, ketela rambat, dsb. Akan tetapi jagung, kedelai, ketela pohon, ketela rambat juga disebut sebagai tanaman palawija.
b. Tanaman Perkebunan, contoh : kelapa sawit, kakao, karet dsb.
c. Tanaman Hortikultura, contoh: tanaman sayuran, buah-buahan, tanaman pekarangan, tanaman hias.
d. Tanaman Serat-seratan. Tanaman serat-seratan, misalnya: kapas (utamanya untuk tekstil), kenaf, yute, rami (untuk karung, tali, karpet, kordiya, dsb)
e. Tanaman Rempah-rempah. Misalnya: cengkeh, lada, dsb.
f. Tanaman Obat-obatan: kunyit, jahe, kapulaga, dsb
g. Tanaman Pakan Ternak: rumput, legume
h. Tanaman penutup tanah (*cover crop*)

Tujuan tanaman penutup tanah adalah untuk mengurangi erosi permukaan tanah, menambah bahan organik, menekan perkembangan gulma. Tanaman penutup tanah biasanya ditanam di antara tanaman perkebunan, misalnya tanaman kelapa sawit, kakao, kopi, dsb. Umumnya termasuk famili *Leguminosae*, oleh karena itu sering disingkat LCC (*Legume Cover Crop*). Misalnya *Collopogonium mucunoides (CM), Centrocema pubescent (CP).*

1.3. Sistem Pertanian di Indonesia

Ada empat sistem pertanian di Indonesia (Sri Setyati Harjadi,1979)

1.3.1. Sistem Ladang

Sistem ladang merupakan sistem yang paling belum berkembang. Sistem ini merupakan peralihan dari tahap pengumpul ke tahap penanam. Pengolahan tanah

minimum sekali, produktivitas berdasarkan lapisan humus yang terbentuk dari sistem hutan. Sistem ini hanya akan bertahan di daerah yang berpenduduk jarang, dan sumber lahan tak terbatas. Tanaman yang diusahakan umumnya tanaman pangan, baik padi, jagung maupun umbi-umbian.

1,3.2. Sistem Tegal Pekarangan

Sistem tegal pekarangan berkembang di lahan kering, yang jauh dari sumber-sumber air yang sinambung. Sistem ini diusahakan setelah menetap lama, tetapi tingkatan pengusahaan juga rendah. Untuk tegal umumnya tenaga kurang intensif dan pada keduanya tenaga hewan jarang digunakan. Tanaman yang diusahakan terutama tanaman yang tahan kekeringan dan pohon-pohonan.

1.3.3. Sistem Sawah

Sistem sawah merupakan teknik budidaya yang tinggi, terutama dalam pengolahan tanah dan pengelolaan air, sehingga tercapai stabilitas biologi yang tinggi, dan kesuburan tanah dapat dipertahankan. Ini dicapai dengan sistem pengairan yang sinambung dan drainase yang lambat. Sawah merupakan potensi besar untuk produksi pangan, baik padi maupun palawija. Di beberapa daerah tanaman tebu dan tembakau sangat bergantung padanya.

1.3.4. Sistem perkebunan

Baik perkebunan rakyat maupun perkebunan besar (*estate*) yang dulu milik swasta asing dan sekarang kebanyakan perusahaan negara, berkembang karena kebutuhan tanaman ekspor. Dimulai dengan kebutuhan-kebutuhan ekspor seperti karet, teh, kopi dan coklat yang merupakan hasil utama. Dalam taraf tertentu, pengelolaannya merupakan yang terbaik. Akan tetapi dibandingkan dengan kemajuan di dunia berkembang, masih jauh ketinggalan.

BAB II. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PRODUKSI TANAMAN BUDIDAYA PERTANIAN

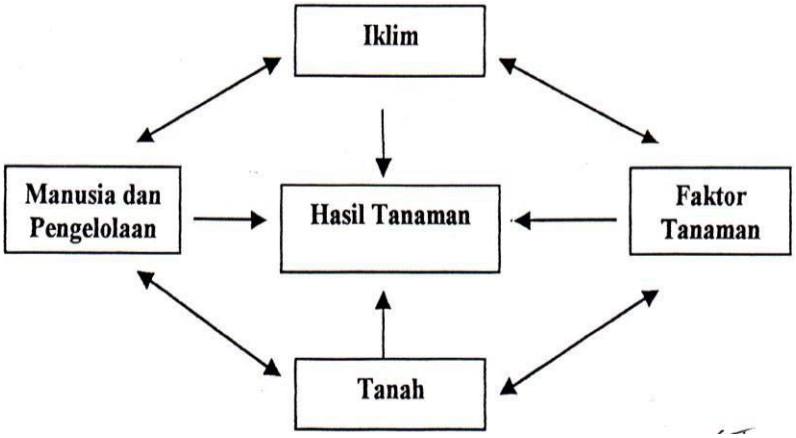
Banyak faktor yang diketahui membatasi produksi tanaman budidaya pertanian. Beberapa faktor, seperti air, kultivar, nutrisi, hama dan penyakit, perlu dikontrol dan hampir semua pengelolaan tanaman diberikan dalam tingkat keseimbangan untuk memperoleh hasil yang secara ekonomi menguntungkan. Bila pengelolaan tanaman berhasil dan faktor-faktor tersebut tidak membatasi pertumbuhan tanaman yang sesuai dengan iklim dimana tanaman tumbuh, produktivitas yang maksimum tergantung pada intersepsi cahaya dan asimilasi CO_2 oleh tanaman.

Produksi tanaman atau hasil sebagai fungsi dari faktor lingkungan, tanaman, cara pengelolaan, dan sosial ekonomi. Menurut Fageria et al., (1997), secara matematik produksi atau hasil tanaman dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Y = f(E, P, M, S),$$

dimana :

Y = *Yield* (hasil)
E = *Environment* (lingkungan);
P = *Plant* (tanaman)
M = *Management* (pengelolaan)
S = Faktor Sosial Ekonomi



Gambar 7. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil tanaman (Fageria et al., 1997)

Gambar 7 memperlihatkan faktor-faktor yang mempengaruhi hasil tanaman. Hasil yang maksimum dari tanaman dalam kondisi lingkungan tertentu adalah

mungkin, hanya bila semua faktor tersebut pada tingkat yang optimum. Bila salah satu dari faktor-faktor ini terbatas, maka hasil tanaman akan turun.

Produksi tanaman adalah suatu fenomena yang sangat kompleks, itu bukan pekerjaan yang mudah untuk meningkatkan atau menstabilkan. Dalam dekade yang lalu hasil dari tanaman budidaya dapat ditingkatkan melalui penggunaan cultivar-cultivar yang sudah diperbaiki, pemupukan, pengairan, fungisida, insektisida, dan herbisida serta praktek-praktek budidaya yang sudah lebih baik. Semua usaha ini dapat diklasifikasikan sebagai faktor-faktor teknologi.

2.1. Faktor Iklim

Faktor iklim merupakan faktor lingkungan yang berperan penting dalam produksi tanaman. Faktor iklim tersebut meliputi temperatur, radiasi surya, dan kelembaban. Menurut Fageria et al. (1997) Iklim adalah salah satu faktor penting yang menentukan jenis tanaman budidaya yang dikembangkan, jenis vegetasi alami, karakteristik tanah dan jenis sistem pertanian yang akan dipraktekkan di suatu daerah dengan agroekologi tertentu. Salah satu karakteristik penting dari daerah iklim tropik adalah stabilitas temperatur. Variasi temperatur bulanan di daerah tropik adalah ±5°C.

2.1.1. Temperatur

Kisaran temperatur untuk pertumbuhan tanaman pertanian antara 15°C dan 40°C. Pada temperatur di bawah atau di atas limit ini pertumbuhan menurun dengan cepat (Tisdale dan Nelson, 1970). Rata-rata temperatur bulanan untuk daerah Kalimantan Timur berkisar 27°C.

Temperatur berpengaruh secara langsung terhadap fungsi tanaman dalam melakukan proses fotosintesis, respirasi, permeabilitas dinding sel, absorbsi air dan unsur hara, transpirasi, aktivitas enzim, dan koagulasi protein. Pengaruh ini direfleksikan dalam pertumbuhan tanaman.

Pengaruh temperatur pada fotosintesis adalah kompleks dan berbeda pada berbagai tanaman, seperti halnya juga dengan kandungan $C0_2$ di atmosfir, intensitas cahaya dan lamanya penyinaran pada intensitas cahaya tertentu.

Respirasi juga dipengaruhi oleh perubahan temperatur. Pada umumnya respirasi berjalan lambat pada temperatur rendah dan meningkat bila temperatur meningkat. Pada temperatur yang sangat tinggi, kecepatan respirasi pada awalnya

meningkat, tetapi setelah beberapa jam, kecepatan respirasi menurun dengan cepat.

Transpirasi, atau hilangnya uap air dari stomata daun dipengaruhi oleh temperatur. Kecepatan transpirasi umumnya rendah dan meningkat dengan meningkatnya temperatur. Pada kondisi transpirasi yang berlebihan, kehilangan air mungkin melebihi pengambilan air oleh tanaman dan segera diikuti dengan menjadi layunya tanaman.

Temperatur juga berpengaruh terhadap absorbsi air dan unsur hara. Dari beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pada sejumlah spesies tanaman, absorbsi larutan oleh akar dihambat pada temperatur tanah yang rendah. Hal ini mungkin disebabkan oleh menurunnya aktivitas respirasi atau berkurangnya permeabilitas membran sel (Tisdale dan Nelson, 1970).

2.1.2. Radiasi Surya

Radiasi surya merupakan faktor iklim yang penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Lamanya radiasi surya bervariasi dengan latitude dan musim. Di equator, lamanya siang dan malam hampir sama sepanjang tahun, yaitu sekitar 12 jam, hanya ada sedikit variasi, sedangkan di daerah beriklim sedang, pada saat musim panas, panjangnya siang hari bisa mencapai 16 jam.

Di daerah tropika humida, energi dari surya datang, hampir stabil berkisar antara 400-500 cal. cm^{-2} per hari, bila keadaan berawan bisa turun menjadi 250 -300 cal. cm^{-2} per hari (Webster and Wilson, 1980). Menurut hasil pengukuran Sadaruddin (2003) di Teluk Dalam, rata-rata energi surya pada bulan Januari - Agustus 1997 adalah 340–350 cal. cm^{-2} per hari, atau 1422,63-1464,47 J.cm^{-2}. hari (1 cal = 4,1842J).

Lamanya penyinaran yang efektif untuk fotosintesis adalah ± 8 jam per hari (dalam keadaan normal). Sedangkan di Kota Bangun Kalimantan Timur panjang penyinaran yang efektif untuk fotosintesis adalah 3 - 6 jam per hari (TAD, 1982).

Radiasi surya mempengaruhi fotosintesis dan konsekuensinya produktivitas tanaman, maka dikatakan bahwa fotosintesis adalah dasar dari hasil semua tanaman, 90-95 % bahan kering tanaman dipenuhi dari fotosintesis (Stoskopf, 1981). Oleh karena itu, fotosintesis netto (assimilasi bersih) dari seluruh kanopi tanaman selama satu musim, utamanya menentukan total bahan kering tanaman, maka secara tidak langsung menentukan hasil secara ekonomi (*economic yield*). *Economic yield* adalah hasil tanaman yang mempunyai nilai ekonomi. Misalnya tanaman jagung, hasil

pipilan keringnya adalah merupakan *economic yield,* sedangkan seluruh bahan keringnya (akar, batang, daun, tongkol) merupakan *biological yield.*

Dalam proses fotosintesis, energi surya dirubah menjadi energi kimia yang potensial. Dalam reaksi fotokimia, karbohidrat dihasilkan dan O_2 serta H_20 (air) dilepas menurut reaksi sebagai berikut :

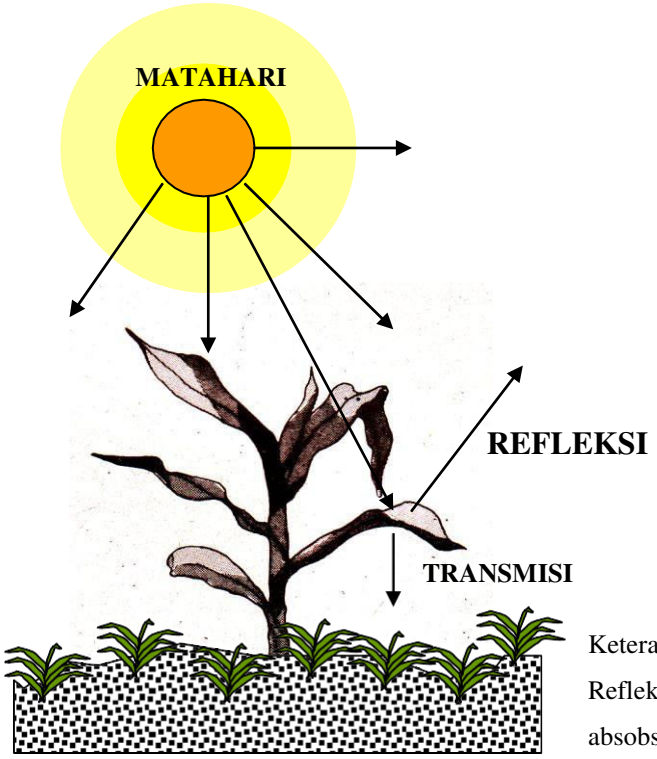
$$6CO_2 + 12H_20 \xrightarrow[\text{klorofil}]{\text{Energi surya}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_20$$

Menurut Chang (1968), dilihat dari kualitas sinar, hanya sinar yang panjang gelombangnya antara 400 - 700 nm (0,4 - 0,7 mikron), mampu melakukan proses fotosintesis. Sinar ini disebut sinar nampak (*visible light*) atau juga disebut *Photosinthetically Active Radiation* (PAR), terdiri dari sinar ungu, nila, biru, hijau, kuning, jingga, merah. Besarnya sinar nampak (visible light) atau PAR, berkisar ± 41% dari sinar datang yang menerpa tajuk tanaman. Menurut Fageria et al. (1997), ± 900 $J.m^{-2}$ det^{-1} (1 J = 0,2388 cal) yang menerpa tajuk tanaman tergantung pada latitute, waktu, elevasi, dan faktor-faktor lain, hanya ± 400 $J.m^{-2}$ det^{-1}, dengan panjang gelombang 400-700 nm yang mampu menyebabkan fotosintesis.

Kloroplast merupakan komponen penting dari sel tanaman hijau, karena merupakan tempat proses fotosintesis berlangsung. Kloroplast mengandung klorofil, suatu bahan yang dapat menyerap energi surya, dan melalui suatu rangkaian reaksi kimia, merubah energi surya menjadi bahan makanan.

Maksimum efisiensi dari total energi surya yang dikonversi oleh tanaman antara 6-8% (Monteith, 1978 dalam Fageria et al., 1997). Menurut Chang (1968), Efisiensi ini disebut fotosintesis effisiensi (FE), nilainya sebesar 7 %. Nilai tersebut berdasarkan perhitungan sebagai berikut :

a. Perkiraan sinar datang yang menimpa tanaman hilang karena refleksi dan transmisi ± 15 %, berarti yang diabsorbsi oleh tanaman ±85 %. (Gambar 8)
b. Perkiraan sinar nampak (*visible light*) atau PAR ± 41 %.
c. Efisiensi klorofil ± 20 %



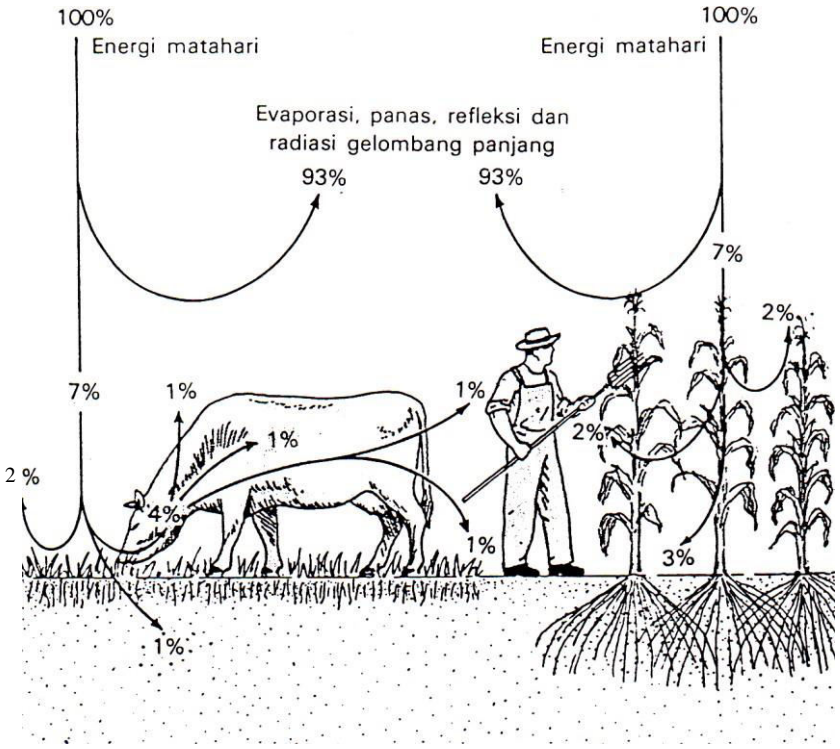
Keterangan:
Refleksi dan transmisi ± 15 %,
absobsi ± 85 %

Gambar 8. Refleksi, transmisi dan absorpsi radiasi surya

Jadi fotosintesis efisiensi = 85% x 41% x 20% = ±7%, artinya ± 7 % dari radiasi surya yang menerpa tanaman dapat diubah dalam proses fotosintesis, sisanya kira-kira 93 % kembali ke atmosfir. Menurut Sri Setyati Harjadi (1979), dari nilai 7 % tesebut, energi radiasi yang digunakan dalam proses fotosintesis, 2 % untuk respirasi, yang diperlukan oleh tanaman untuk tumbuh dan berkembang serta pemeliharaan, 5 % menjadi bahan kering tanaman. Pada tanaman jagung dari nilai 5 % ini, 3 % menjadi akar, batang dan daun dan 2 % muncul dalam biji yang dapat di makan manusia. Untuk rumput dari nilai 5 %, 4 % dimakan sapi (batang, daun), dan sisanya 1 % pada akar yang tertinggal dalam tanah. Penyebaran energi surya ini dapat dilihat pada Gambar 9.

Pada beberapa tanaman yang tumbuh pada beberapa bagian dunia, fotosintesis efisiensi berkisar 1-2 %. Rendahnya efisiensi ini terkait dengan :

a. Defisiensi air dan unsur hara.
b. Temperatur yang tidak sesuai.
c. Kurangnya kontrol terhadap pest (gulma, hama dan penyakit).
d. Praktek-praktek management atau kultur teknik yang rendah.



Gambar 9. Penyebaran radiasi yang terdapat dalam produksi jagung dan rumput-rumputan. Dari seluruh sinar matahari yang mencapai bumi sebanyak 500 kalori tiap sentimeter persegi setiap hari, kira-kira 93% kembali ke atmosfir. Dengan hara dan air berlimpah dan cukup daun menutupnya, kira-kira 7% cahaya matahari dapat diubah dalam fotosintesis; 2% untuk respirasi, yang diperlukan tanaman untuk tumbuh dan pemeliharan; 5% menjadi bahan kering tanaman Pada jagung 3% menjadi akar, batang dan daun, yang menjadi sisa tanaman, dikembalikan ke tanah dan diberikan kepada ternak, dan 2% muncul dalam biji yang dapat dimakan manusia. Untuk rumput, 4% dapat dimakan sapid an sisanya 1% pada akar yang tertinggal dalam tanah. Penyebaran energi dari pangan lebih lanjut oleh manusia dan hewan dapat dilihat pada Gambar. (Sri Setyati Harjadi, 1979)

Menurut Stoskopf (1981), efisiensi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi Fotosintesis} = \frac{\text{Energi yang terkandung dalam bahan kering}}{\text{Total solar energi yang menerpa tanaman selama periode pertumbuhan}} \times 100\ \%$$

Dimana 1 kg glukosa mempunyai energi yang setara antara 3760 - 4250 cal (Webster and Wilson, 1981 ; Stoskopf, 1981 ; Hay and Walker, 1989).

Meskipun intensitas dan kualitas sinar membatasi pertumbuhan tanaman di lapangan, akan tetapi lamanya periode penyinaran (panjang hari) juga penting. Sifat tanaman dalam kaitannya dengan panjang hari disebut fotoperiodism. Reaksi tanaman

terhadap fotoperiodism dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu :

a. Tanaman hari pendek (*short day plant*)

b. Tanaman hari panjang (*long day plant*)

c. Indeterminate atau tanaman hari netral (*neutral day*)

Tanaman hari pendek (*short day plant*) adalah tanaman yang akan berbunga apabila mendapat lama penyinaran (*fotoperiode*) lebih pendek dari titik kritisnya. Titik kritis untuk setiap tanaman berbeda. Pada umumnya varietas tanaman kenaf termasuk hari pendek. Titik kritis pada tanaman kenaf 12,5 jam, artinya tanaman kenaf akan berbunga kalau mendapat panjang penyinaran kurang dari 12,5 jam per hari. Akan tetapi apabila tanaman kenaf mendapat penyinaran lebih dari 12,5 jam per hari, maka pertumbuhan vegetatifnya yang lebih dominan. Contoh lain: padi, jagung, kedelai, kacang tanah.

Tanaman hari panjang (*long day plant*) adalah tanaman yang akan berbunga apabila mendapat lama penyinaran lebih panjang dari titik kritisnya. Contoh: gandum, barley, bayam varietas tertentu di daerah beriklim sedang (akan berbunga apabila dapat > 13 jam penyinaran), beberapa varietas tanaman kedelai ada yang tergolong tanaman hari panjang (*long day plant*), tetapi tidak semua varietas tanaman kedelai termasuk *long day plant*. Tanaman yang tergolong *long day plant* bila ditumbuhkan pada panjang penyinaran lebih pendek dari titik kritisnya, maka akan tumbuh secara vegetatif saja.

Indeterminate (*Neutral day*), hari netral, fotoinsensitif adalah tanaman yang berbunga dan melengkapi siklus reproduksinya pada kisaran lama penyinaran yang lebar atau dapat dikatakan tidak tergantung pada fotoperiode. Contoh: tanaman pepaya, pisang, tomat, kapas (berbunga tidak tergantung fotoperiode).

2.1.3. Suplai Air

Ketersediaan air merupakan faktor penting untuk produksi tanaman. Air diperlukan oleh tanaman untuk translokasi unsur hara, pembentukan karbohidrat, translokasi karbohidrat, untuk menjaga hidrasi dari protoplasma dalam sel. Hasil tanaman dapat turun pada kondisi kekurangan air (*stress*) atau kelebihan air. Pada kondisi air yang berlebihan akan mengurangi aerasi tanah, sehingga suplai 0_2 untuk akar akan berkurang. Dengan aerasi yang jelek, aktifitas mikroorganisme serta pengambilan air dan unsur hara oleh tanaman terhambat, kecuali untuk jenis tanaman

air (*aquatic plant*), seperti tanaman padi sawah. Sebaliknya bila kekurangan air (*stress*) menyebabkan stomata menutup, mengurangi fotosintesis. Stres air juga menyebabkan berkurangnya perpanjangan dan pembelahan sel, akhirnya mempengaruhi pertumbuhan dan hasil.

Jumlah air tanah yang bermanfaat untuk tanarnan mempumyai batasbatas tertentu. Seperti pada kekurangan air, kelebihan air dapat merupakan kesukaran. Air yang kelebihan itu sendiri tidaklah beracun, akan tetapi kekurangan udara pada tanah-tanah yang kegenanganlah yang menyebabkan kerusakan. Tanaman dapat ditanam dengan memuaskan dalam larutan air bila aerasi diberikan dengan baik.

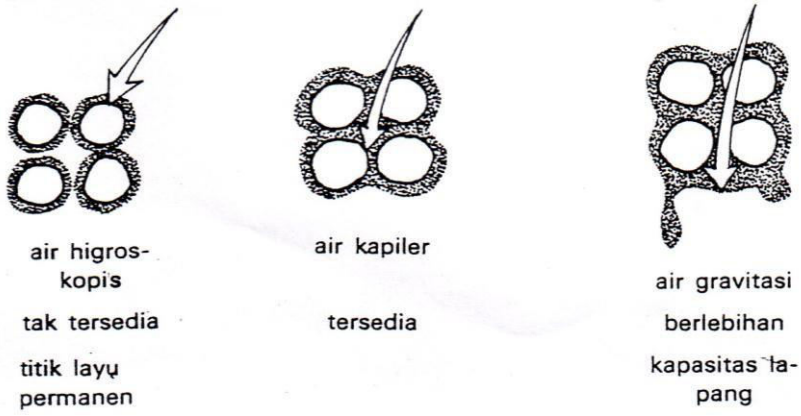
Jumlah air dalam tanah dapat dinyatakan dalam beberapa cara. Menyatakan air tanah dengan istilah kapasitas lapang (*field capacity*) dari suatu tanah, berarti memperhatikan kondisi fisik dari tanah itu dan mempunyai arti pertanian yang besar. Kapasitas lapang dari tanah adalah jumlah air maksimum yang tertinggal sehabis air permukaan dikuras dan sehabis air yang keluar dari tanah akibat gaya berat.

Kandungan air dari tanah dapat pula dinyatakan dengan ketersediaannya bagi tanaman. Kandungan air tanah di mana terjadi kelayuan yang tak dapart balik, dikenal sebagai titik layu permanen. Persentasi air yang ada terganrung pada tanahnya, tetapi secara relatif tidak tergantung pada tanaman yang diuji. Air yang tertinggal dalam tanah, yang tidak tersedia bagi tanaman, dikenal sebagai air higroskopik dari air yang terikat secara kimia. (Gambar 10). Air higroskopik dipegang erat-erat oleh tanah dalam selaput setipis atom. Jumlah air higroskopik berbeda-beda menurut jumlah pertemuan antara fase dan karenanya tertinggi pada tanah-tanah liat dan organik. (Sri Setyati Harjadi, 1979)

Jumlah total air tanah yang ada tidaklah sepenting ketersediaannva bagi tanaman. Air tersedia adalah tingkatan air yang berada antara titik layu permanen dan kapasitas lapang. Air ini sering disebut air kapiler. Ini ditahan dalam pori tanah yang lebih kecil. di mana gaya kapiler mencegah pengurasan air, dan sebagai selaput mengelilingi partikel tanah.

Tanah berbeda-beda kemampuannya untuk memegang air, kemampuan ini tergantung teksturnya. Walaupun tanah-tanah berpasir memberi drainase dan aerasi yang lebih baik, mereka mempunyai kapasitas memegang air lebih rendah daripada tanah-tanah liat. Jumlah tebal dari air kapiler dapat bertambah dalam tanah berpasir

dengan menambah kandungan bahan organik.



Gambar 10. Air kapiler, air bebas dan air higroskopik pada butir tanah (Sri Setyati Harjadi, 1979)

Total jumlah tersedia bagi tanaman akan tergantung pada beberapa faktor, di antaranya tipe dan kedalaman perakaran tanaman, laju kehilangan air oleh penguapan dan transpirasi, suhu, dan laju penambahan air tambahan. Tambahan pula, tingkatan air yang tersedia sendiri juga merupakan suatu faktor. Makin sedikit air dalam tanah. makin erat air dipegang. Kekuatan ini diukur dalam tekanan atmosfer yang diperlukan untuk mengusir air itu. Pada kapasitas lapang, air dipegang dengan kekuatan sebesar 1 atmosfer. Pada titik layu permanen, air dipegang dengan kekuatan kira-kira 15 atmosfer.

2.2. Faktor Tanah

Tanah merupakan media tumbuh sebagian besar tanaman budidaya. Sifat-sifat tanah yaitu sifat fisika tanah, sifat kimia tanah dan sifat-sifat biologi, secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi pertumbuhan akar tanaman, absorbsi air dan unsur hara, dan konsekuensinya terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman.

2.2.1. Sifat Fisik Tanah

Sifat-sifat fisika tanah berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Sifat-sifat penting yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman adalah tekstur, struktur, konsistensi, pori-pori tanah (jumlah dan jarak antar pori), warna tanah.

Tekstur tanah menunjukkan perbandingan relatif antara partikel-partikel tanah, yaitu pasir, debu dan liat. Mengacu pada tekstur tanah, ada istilah non teknis seperti: tanah berat, tanah ringan. Tanah berat adalah tanah yang

tinggi dalam kandungan liat dan tanah ringan adalah tanah yang rendah dalam kandungan liat dan tinggi dalam kandungan pasir. Pasir adalah butiran tanah dengan ukuran diameter 0,05-2 mm, debu dengan diameter 0,05-0,002 mm, dan liat dengan diameter kurang dari 0,002 mm, dan bila lebih besar dari 2 mm, merupakan fragmen yang kasar (Fageria et al., 1997).

Tekstur tanah mempengaruhi produktivitas tanaman dalam berbagai cara. Hal ini mempengaruhi kapasitas memegang air dari tanah, aerasi, temperatur tanah, kapasitas pertukaran kation (KPK), kemampuan mensuplai unsur hara dan dengan sendirinya pertumbuhan dan produksi tanaman. Pada umumnya ada tendensi untuk produktivitas tanaman lebih baik pada tanah-tanah dengan tekstur yang medium daripada tanah-tanah ringan ataupun berat. Tekstur tanah merupakan sifat tanah yang relatif permanen hanya sedikit dipengaruhi oleh pengolahan tanah ataupun dimanipulasi dengan cara-cara lain. Akan tetapi dapat berubah-ubah melalui erosi atau dengan deposisi (pengendapan) bahan-bahan baru dari angin dan air.

Struktur Tanah. Struktur tanah ditunjukkan pada pengaturan atau penyusunan dari partikel-partikel tanah menjadi agregat-agregat. Struktur tanah berperan penting dalam pertumbuhan tanah dan konsekuensinya dalam produksi tanaman. Tanah harus mempunyai struktur yang menguntungkan untuk produktivitas yang tinggi. Struktur tanah yang baik memberikan aerasi dan drainase yang cukup, kapasitas menyimpan air.yang cukup, pertumbuhan akar yang baik dan dengan sendirinya penyediaan unsur hara bagi tanaman.

Struktur tanah dapat dimodifikasi lebih mudah melalui praktek-praktek kultur teknik, misalnya dengan pengolahan tanah, penambahan bahan organik. Untuk memperbaiki sifat-sifat fisik tanah salah satunya adalah dengan penambahan atau menjaga bahan organik dalam tanah dalam keadaan cukup. Bentuk bahan organik tanah adalah semua bahan dari sisa-sisa tanaman/tumbuh-tumbuhan atau hewan secara alam terbentuk dalam tanah atau ditambahkan ke dalam tanah.

Beberapa keuntungan dari bahan organik terhadap sifat-sifat tanah adalah :

a. Penyerapan air dan daya pegang air oleh tanah menjadi lebih baik.
b. Meningkatkan kapasitas pertukaran kation (KPK) tanah.
c. Meningkatkan kapasitas suplai unsur hara terhadap tanaman.
d. Stabilitas struktur tanah

e. Aerasi tanah lebih baik

Pertanian Organik. Pertanian organik berarti meminimalkan pemakaian pupuk kimia (anorganik) dan pestisida dalam produksi tanaman. Pada pertanian tipe ini, petani menjaga top soil (tanah lapisan atas) dalam kondisi fisik yang baik melalui penggunaan bahan organik secara regular. Gulma, hama dan penyakit selalu diawasi melalui penggunaan rotasi tanaman, pengolahan tanah yang sesuai dan kontrol secara biologi (*biological control*).

2.2.2. Sifat Kimia Tanah

Sifat kimia tanah seperti defisiensi dan toxisitas nutrisi tanaman, pH, kapasitas Pertukaran Kation (KPK), oksidasi-reduksi, salinitas adalah sifat-sifat yang penting dalam menentukan pertumbuhan dan hasil tanaman. Sifat-sifat ini dapat dimodifikasi melalui praktek-praktek pengelolaan untuk produksi tanaman yang tinggi.

Suplai unsur hara yang kurang (defisiensi) menghambat pertumbuhan tanaman dan hasil. Defisiensi unsur hara bervariasi diantara tanah dan wilayah, tetapi nitrogen, fosfor merupakan unsur hara yang sering dijumpai di tanah-tanah di daerah tropik maupun di seluruh dunia.

Diantara unsur hara yang essensial, *potassium* (K) merupakan unsur yang diabsorb dalam jumlah yang banyak oleh kultivar-kultivar tanaman yang sudah diperbaiki. Defisiensi unsur hara terkait dengan bahan induk, pelapukan, cara bercocok tanam dan erosi (Fageria et al., 1997).

Toxisitas unsur hara yang umum banyak dijumpai adalah Al, Mn, dan Fe. Toxisitas Al dan Mn banyak terjadi di tanah-tanah masam, sedangkan toxisitas Fe banyak terjadi di sawah pada kondisi tanah yang tereduksi.

pH tanah merupakan sifat kimia tanah yang paling penting. Hal ini menunjukkan keperluan kapur, defisiensi-toxisitas ion, aktivitas mikroorganisme dan ketersediaan unsur-unsur hara bagi tanaman. pH tanah juga menunjukkan apakah tanah bersifat masam, netral atau alkali.

Kapasitas Pertukaran Kation (KPK) didefinisikan sebagai jumlah kation yang dapat dipertukarkan, yang diikat oleh partikel tanah. Hal ini dinyatakan dalam mili equivalent per 100 gram tanah kering oven (m.eq/100 gram tanah kering oven). Faktor-faktor yang menentukan KPK adalah jumlah dan tipe lempung, kandungan bahan organik dan pH tanah. KPK dari *vermikulit* > *monmorillonit* > *illite* > *kaolinit*.

KPK tanah dapat ditingkatkan melalui penambahan bahan organik serta pengapuran pada tanah-tanah masam.

2.2.3. Faktor Biologi Tanah

Faktor-faktor biologi tanah yang mempengaruhi produksi tanaman budidaya adalah berhubungan dengan mikroorganisme seperti jamur, bakteri dan nematoda. Mikroorganisme ini membawa sejumlah aktivitas dalam *rhizosphere* akar tanaman baik yang merugikan maupun yang menguntungkan untuk pertumbuhan tanaman. Aktivitas mikroorganisme yang lebih umum adalah:

a. perombakan bahan organik
b. fiksasi (penambatan) nitrogen
c. sekresi hormon pertumbuhan, dan
d. meningkatnya ketersediaan unsur-unsur hara mineral.

Kontribusi yang paling menguntungkan dari mikroorganisme tanah terhadap tanaman adalah keterlibatan dalam hal suplai unsur hara. Di antara mikroorganisme ini ada yang menambat nitrogen (fiksasi) dari udara dan yang mempercepat suplay unsur hara mineral secara difusi ke akar tanaman.

- Penambatan nitrogen secara *symbiose*

Pupuk nitrogen cukup mahal disebabkan karena tingginya harga minyak bumi. Pada kondisi demikian kemampuan dari tananaman legum dalam *symbiose* dengan rhizobia untuk menambat nitrogen dari atmosfer adalah penting dalam bidang produksi pertanian.

Penambatan nitrogen pada tanaman legum merupakan bentuk *symbiose* "*obligatory*" sebab keduanya baik tanaman hostnya dan organismenya diperlukan penambatan (Fageria et al., 1977).

Hubungan ini terjadi antara tanaman yang tergolong famili *leguminosae* dan anggota dari bakteri genus *Rhizobium*. Tanaman yang tergolong dari famili ini, misalnya; kedelai, kacang hijau, kapri, alfafa, dan lain sebagainnya. Spesies tertentu dari *Rhizobium* dapat menghasilkan bintil (nodul) hanya pada tanaman legum tertentu, misalnya; pada tanaman kedelai adalah *Rhizobium japonicum*, pada buncis adalah *Rhizobium phaseoli*, pada kapri adalah *Rhizobium leguminose*, pada alfafa adalah *Rhizobium meliloti*.

Jumlah nitrogen yang dapat ditambat dari udara oleh tanaman tergantung dari

spesies tanaman, tanah lingkungannya dan praktek-praktek pengelolaan tanaman. Diperkirakan jumlah nitrogen yang didapat oleh legum rata-rata 70 kg N ha^{-1} $tahun^{-1}$. Tetapi belum ada kejadian yang nyata bahwa ada legum yang kebutuhan nitrogennya cukup dari penambatan.

Selanjutnya lebih dari 20 tahun yang lalu, telah ditemukan banyak dari spesies dari bakteri penambatan N_2 berasosiasi dengan rumput, serealia dan tumbuhan lainnya.

- *Mycorrhiza*

Mycorrhiza telah terbukti meningkatkan nutrisi tanaman untuk mineral-mineral tanah yang penyerapannya secara difusi terhambat seperti P, Zn, Cu, dan Fe. Dalam asosiasi ini, jamur (*mycorrhiza*) menggunakan karbohidrat yang dihasilkan oleh tanaman, sedangkan tanaman mengambil keuntungan dalam meningkatnya penyerapan mineral tanah. Pengaruh yang menguntungkan dari *mycorrhiza* adalah penting untuk tanaman-tanaman yang mempunyai system perakaran yang bercabang sedikit dan jarang, selama *external hype* meluas sepanjang 8 cm jauhnya dari akar, jadi dapat menyerap mineral tanah dari volume tanah yang lebih besar. Selama ini tanaman yang telah diamati berasosiasi dengan mycorrhiza adalah pohon yang tergolong conifera (cemara) dan beberapa tanaman budidaya (misal gandum, legum).

2.3. Faktor Tanaman

Faktor tanaman mempengaruhi produktivitas tanaman, antara lain variabilitas genetik, metabolisme tanaman C3 dan C4 dan arsitektur tanaman. Produktivitas tanaman merupakan interaksi yang kompleks antara berbagai sifat-sifat dari masing-masing tanaman dengan lingkungannya.

2.3.1. Variabilitas genetik

Dalam kaitannya dengan hasil didefinisikan dengan sifat-sifat (karakter) yang diturunkan dari spesies tanaman atau kultivar, yang membuatnya berbeda dalam potensi hasil pada kondisi lingkungan yang menguntungkan (*favorable*) dan tidak menguntungkan (*unfavorable*) dibandingkan dengan spesies lain atau kultivar dalam spesies.

2.3.2. Metabolisme Tanaman C3 dan C4

Spesies tanaman diklasifikasikan menjadi C3 dan C4, menurut lintasan fiksasi CO_2. Tanaman C3 adalah golongan tanaman dimana produk pertama setelah CO_2 difiksasi dalam proses fotosintesis, menghasilkan suatu senyawa yang jumlah rantai atom C (karbon)nya berjumlah tiga yaitu asam pospogliserat. Tanaman C_4 golongan tanaman dimana produk pertama setelah CO_2 difiksasi dalam proses fotosintesis, menghasilkan suatu senyawa yang jumlah rantai atom C (karbon)nya berjumlah empat yaitu asam oxalo-asetat.

Contoh tanam C3 adalah padi, kedelai, kacang tanah, kapas dan hampir semua tanaman budidaya pertanian.

Tabel 1. Karakteristik Tanaman Golongan C3 dan Tanaman Golongan C_4 *)

Karakteristik Tanaman	Golongan C3	Golongan C_4
Fotosintesis efisiensi	Rendah	Tinggi
Fotorespirasi	Tinggi	Rendah
Efisiensi penggunaan air	Rendah	Tinggi
Temperatur optimum untuk fotosintesis	10 - 25 ^{0}C	30 - 45 ° C
Respon terhadap intesitas sinar	Rendah	Tinggi
Respon terhadap konsentrasi C02	Rendah	Tinggi

*) Diambil dari Fageria at al., (1997)

Contoh tanaman golongan C4 lebih terbatas dari pada C3, yaitu : jagung, soghum, tebu. Kecepatan fotosintesis tanaman golongan C4 lebih besar dari tanaman golongan C3. Misalnya kecepatan fotosintesis pada tanaman jagung, soghum antara 50-60 mg CO_2 dm^{-2} jam^{-1}, sedangkan pada tanaman padi dan beberapa tanaman lainnya (C3) adalah 20-30 mg CO_2 dm^{-2} .jam^{-1} (Fageria et al., 1997). Karakteristik tanaman golongan C3 dan C4 terlihat pada Tabel 1.

2.3.3. Arsitektur Tanaman

Arsitektur tanaman mempengaruhi fotosintesis, pertumbuhan, kerebahan tanaman dan hasil.

Karakteristik yang utama untuk tipe ideal bagi tanaman semusim (*annual*) antara lain sebagai berikut :

a. Bentuk pertumbuhan yang tegak
b. Umur genjah
c. Batang yang kuat
d. Sifat tidak bercabang atau anakan sedikit dan tidak mempunyai anakan.
e. Daun kecil, pendek, sempit atau jumlah daun sedikit
f. posisi daun tegak atau cenderung tegak
g. Sifat determinate
h. Respon terhadap pemupukan
i. Adaptasi terhadap iklim yang lebih luas

2.4. Faktor Sosial Ekonomi

Selain faktor iklim, tanah, dan faktor tanaman, faktor sosial ekonomi mempunyai peranan penting dalam produksi tanaman. Faktor sosial ekonomi misalnya:

a. Pemasaran

Pemasaran merupakan bagian yang essensial dalam produksi pertanian. Petani harus menjual produk pertaniannya dengan harga yang sesuai (*reasonable price*). Hal ini akan menguntungkan bagi petani bila dapat memasarkan produk pertanian ke pasar yang letaknya sedekat mungkin dengan letak dimana produk pertanian tersebut di hasilkan.

b. Harga

Kalau produk pertaniannya mempunyai harga yang baik, maka petani mempunyai keuntungan yang lebih untuk membeli pupuk, pestisida yang akan lebih meningkatkan produk pertaniannya.

c Penyuluh Pertanian

Transfer teknologi dari lembaga penelitian ke petani disampaikan oleh penyuluh pertanian. Hal ini tidak bisa disampaikan secara efektif kalau tenaga penyuluhnya kurang pengetahuan atau kurang mendapat pelatihan dan gaji (pendapatannya) kurang. Pelatihan yang baik dan gaji (pendapatan) yang memadai merupakan aspek yang penting untuk berhasilnya penyampaian teknologi baru kepada petani. Penyuluh harus mempunyai kredibilitas dan mempunyai kompetensi tinggi terhadap teknologi yang disampaikan kepada petani.

d. Ketersedian Kredit

Ketersediaan kredit pada petani pada waktu yang tepat dan jumlah yang tepat

untuk membeli pupuk, pestisida, benih, merupakan aspek yang penting untuk mendukung produksi pertanian. Penerapan teknologi baru memerlukan modal dan perhatian pemerintah untuk menolong petani dengan memberikan fasilitas kredit yang sesuai.

2.5. Usaha Peningkatan Produksi/Hasil Tanaman Secara Nasional

2.5.1. Ekstensifikasi

Peningkatan produksi secara nasional, dapat dilakukan dengan cara ekstensifikasi atau perluasan lahan untuk pengembangan tanaman budidaya pertanian. Misalnya dengan membuka lahan-lahan tidur (belum dimanfaatkan). Hal ini sudah pernah menjadi program Pemerintah Indonesia pada tahun 1998, dimana pada saat itu rakyat Indonesia mempunyai masalah kekurangan pangan. Lahan-lahan milik pemerintah atau BUMN yang belum dimanfaatkan, boleh dikerjakan oleh penduduk untuk ditanami tanaman pangan.Akan tetapi program ini akhirnya pada saat sekarang menimbulkan permasalahan dalam kepemilikan lahan. Contoh lain pada beberapa tahun yang lalu, ada program pemerintah membuka sejuta hektar untuk tanaman padi pada lahan gambut.

2.5.2. Diversifikasi Tanaman

Diversifikasi tanaman artinya penganekaragaman tanaman, misalnya dengan sistem tanaman ganda (*multiple cropping*) atau tumpang sari.

2.5.3. Rehabilitasi Lahan

Rehabilitasi lahan artinya perbaikan kebun atau sawah, untuk pengembangan tanaman budidaya pertanian.

2.5.4. Intensifikasi Tanaman

Intensifikasi tanaman artinya peningkatan produksi dengan mengintesifkan produksi persatuan luas lahan. Hal ini dapat dilakukan dengan lima usaha yang disebut Panca Usaha, yaitu :

a. Penggunaan varietas unggul /bibit unggul
b. Pemupukan
c. Pengendalian hama dan penyakit.
d. Pengairan
e. Kultur teknik yang tepat

BAB III. STRUKTUR, MORFOLOGI DAN FUNGSI TANAMAN

3.1. Sel dan Komponennya

Satuan struktur dari tanaman sama halnya seperti hewan adalah sel. Sitologi**,** adalah ilmu yang mempelajari sel-sel, berurusan dengan pengorganisasian, struktur, dan fungsi sel (Sri Setyati Harjadi, 1979). Konsep bahwa sel merupakan satuan dasar dari semua benda hidup, masih diterima oleh ahli-ahli biologi sebagai dogma. Organisme bersel banyak yang kompleks merupakan kumpulan sel-sel hidup dan mati yang terintegrasi. Akan tetapi sinkronisasi dan koordinasi yang tinggi tingkatannya secara total dalam organisme tersebut menciptakan, suatu kesatuan yang lebih tinggi pengaruhnya daripada jumlah masing-masing bagian tersebut. Sel tanaman bervariasi bentuknya, menurut Kartasapoetra (1988), diantaranya ada yang berbentuk: a. bulat seperti peluru; b. persegi seperti kubus; c. Prisma; d. lurus memanjang; e. panjang berkelok-kelok; f. silindris, dan lain-lain.

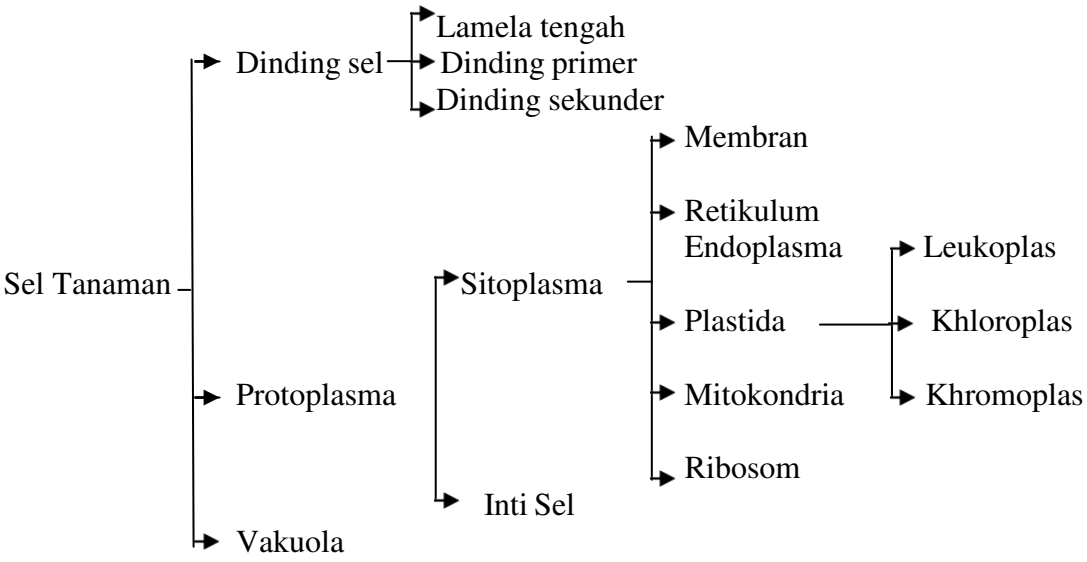
Masing-masing sel mempunyai ukuran yang berbeda-beda, akan tetapi pada umumnya adalah berukuran 0,025–0,25 mm, yang hanya dapat dilihat di bawah mikroskop dan beberapa ada yang berupa serabut hingga sepanjang 60 cm (Sri Setyati Harjadi,1979). Yang sekarang dapat dilihat dengan mata telanjang (biasa), yaitu misalnya sel-sel besar dan panjang dari: a. serat-serat kapas, antara 1–3 cm; b. serta-serat kayu, antara 1–3 cm; c. sel-sel trakheid pada kayu pinus, antara 2-8 cm; d. latex vessels atau pembuluh-pembulu getah pada tumbuhan dapat mencapai beberapa meter panjangnya.

Menurut Januar Darmawan dan Justika Baharsjah (1983) sel tanaman pada umumnya terdiri dari tiga bagian yaitu**:** dinding sel, protoplasma dan vakuola (Gambar 11)

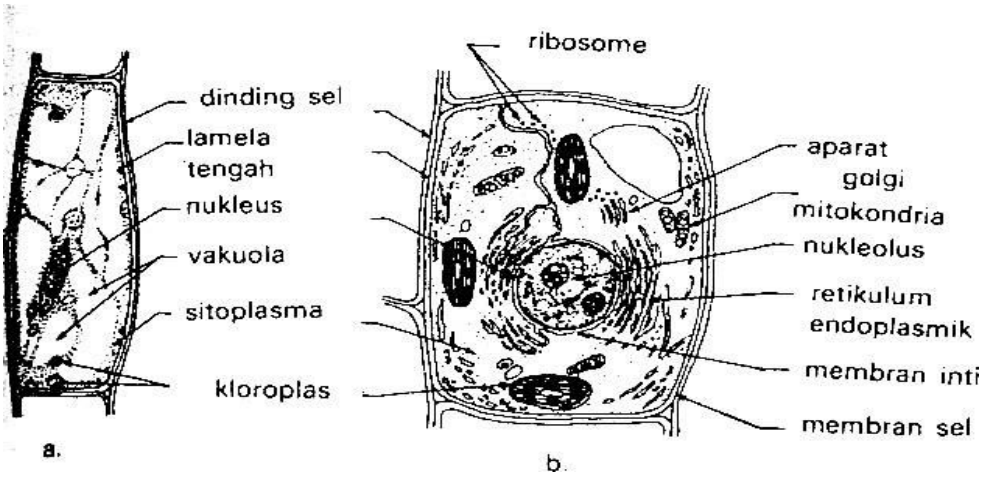
3.1.1. Dinding Sel.

Dinding sel, diduga mati, bersifat kaku, sebagian besar terdiri dari karbohidrat dan berbagai campuran bahan kimia yang dikeluarkan oleh protoplasma. Dinding sel terdiri dari tiga bagian, yaitu: a. lamella tengah atau membran pertama yang terbentuk, terdiri dari selulosa dan bahan pektin, b. dinding primer yang terbentuk kemudian, dari bahan yang sama dan c. dinding sekunder, atau dinding bagian dalam dari sel yang terjadi akibat penebalan oleh selulosa.

Dinding primer terjadi pada saat sel masih dapat membesar dan berubah bentuk, sedangkan dinding sekunder terjadi setelah sel berhenti tumbuh dan tidak dapat berubah lagi, baik ukuran maupun bentuknya.



Ringkasan: Komponen dan isi sel (Januar Darmawan dan Justika Baharsjah, 1983)



Gambar 11. (a) Sel tanaman dan komponennya dengan mikroskop biasa dan (b) mikroskop elektron (Chapman *and* Carter, 1976)

3.1.2. Protoplasma.

Protoplasma terdiri dari sitoplasma dan inti sel, dan merupakan bagian hidup dari sel. Di dalam protoplasma sel yang hidup selalu terjadi reaksi-reaksi dan perubahan-perubahan yang teratur dan terkendali. Sebagian besar protoplasma adalah molekul-molekul protein yang sangat beraneka ragam dan lemak dalam jumlah yang lebih sedikit (Januar Darmawan dan Justika Baharsjah, 1983)

Sitoplasma terdiri dari banyak macam zat yang sangat kompleks dan dinamis. Sifatnya dapat digambarkan sebagai tidak berwarna, elastis, kental, tidak campur dengan air dan hancur pada suhu di atas 60^0C. Dalam sel hidup senantiasa dalam keadaan mengalir sepanjang dinding sel. Sifat terpenting adalah peranannya sebagai saringan dari cairan dan zat yang dapat menembusnya, yang sangat berlainan sesuai dengan jenis, umur tanaman dan sebagainya. Di dalam sitoplasma terdapat "aparat golgi" yang berbentuk bulat, kecil, dan menempel pada membran, diduga berfungsi sebagai pembentuk dinding sel (Januar Darmawan dan Justika Baharsjah, 1983).

Inti sel (*nucleus*) terbungkus dalam membran inti sel, dan berisi kromosom yang menentukan sifat-sifat keturunan. Inti sel merupakan pusat pengendalian semua proses yang terjadi di dalam sel. Ukurannya bermacam-macam. Pada sel meristem, inti sel bergaris tengan antara 7–10 mikron dan inti sel pada parenkima bergaris tengah antara 35–50 mikron (Januar Darmawan dan Justika Baharsjah, 1983).

3.1.3. Vakuola.

Vakuola adalah rongga berlapis membran berada di dalam cytoplasma dan diisi zat seperti air yang dikenal sebagai cairan sel, yang terdiri dari : air (98 %), yang mengandung berbagai protein, gula, asam organik, garam-garam, pigmen dan senyawa lain. Dalam sel baru, vakuola sempit dan jumlahnya banyak, dan dalam sel dewasa vakuola membesar jumlahnya satu di tengah sel, mendesak inti dan sitoplasma ke dekat dinding sel (Sri Setyati Harjadi, 1979).

Membran sel terdiri dari tiga macam membran, yaitu membran plasma atau plasmalema, membran vakuola atau tonoplasma, dan lipatan-lipatan membran sitoplasma yang disebut retikulum endoplasma. Membran-membran ini berfungsi mengatur pergerakan berbagai bahan yang keluar masuk sel dan dari satu bagian sel ke bagian sel lainnya. Pengaturan ini dimungkinkan karena membran tersebut merupakan saringan yang hanya melalukan zat-zat tertentu saja (*differentially permeable*) (Januar Darmawan dan Justika Baharsjah, 1983).

Plastida merupakan benda-benda hidup pada umumnya berbentuk cakram terdapat dalam sitoplasma dan khususnya terdapat pada sel tanaman, ukuran besarnya antara 4–6 mikron dan ukuran tebalnya antara 1–2 mikron.

Khloroplas adalah plastida yang berbentuk lensa, yang banyak terdapat dalam sel pada jaringan-jaringan yang letaknya dekat batas luar/tepi, umumnya pada

tumbuh-tumbuhan tingkat tinggi**.** Plastida ini mempunyai peranan yang penting dalam proses fotosintesis dan pembentukan protein.

Khloroplas ini mengandung dua golongan pigmen atau zat warna, yaitu :

a. Khlorofil, zat warna ini ada yang berwarna :
   - Hijau kebiru-biruan , dengan susunan molekul: C_{55} H_{72} O_5 N_4 Mg (khlorofil a)
   - Hijau kekuning-kuningan, dengan susunan molekul: C_{55} H_{70} O_6 N_4 Mg (khlorofil b).

b. Karotenoid, zat warna ini biasanya terdiri dari :
   - Karotin, berwarna merah jingga, dengan susunan molekul: $C_{40}H_{56}$ (wortel, pepaya)
   - Xanthofil, berwarna kuning, dengan susunan molekul : $C_{40}H_{56}O_2$ (Alamanda)
   - Lycopen, berwarna merah tua, dengan susunan molekul: $C_{40}H_{56}$ (isomer dengan karotin) (lombok merah, tomat, semangka).

Terdapat 20–100 khloroplas dalam setiap sel berkhlorofil pada daun hijau, bahan dasarnya disebut stroma (tidak berwarna), sedangkan butir-butir yang terkandung di dalamnya disebut grana (seperti tumpukan mata uang)**,** bersisi khlorofil dan merupakan penerima cahaya (Sri Setyati Harjadi, 1979). Setiap sel khloroplas berisi antara 15–50 grana (Januar Darmawan dan Justika Baharsjah, 1983).

Perubahan-perubahan dari leukoplas dan khloroplas dapat menjadi khromoplas, seperti perubahan dari buah yang matang, dimulai dari warna hijau menjadi kuning ataupun kemerah-merahan.

Mitokondria merupakan satuan kekuatan sel. Di bawah mikroskop biasa terlihat seperti butir-butir tebal atau bagaikan benang-benang halus dengan ukuran antara 0,2–5 mili mikron, dan di bawah mikroskop elektron tampak memiliki struktur dalam yang kompleks. Terbuat dari protein dan fosfolipida. Fungsi mitokondria yang telah diketahui adalah bertalian dengan kegiatan enzimatik yang berhubungan dengan metabolisme oksidatif. Kegiatan ini berlangsung dengan terbentuknya ATP (Adenosintrifosfat), zat pembawa energi (Sri Setyati Harjadi,1979). Menurut Januar Darmawan dan Justika Baharsjah (1983), mitokondria adalah suatu organ berbentuk bulat lonjong tempat terjadinya respirasi atau pernafasan.

3.2. Jaringan dan Sistem Jaringan

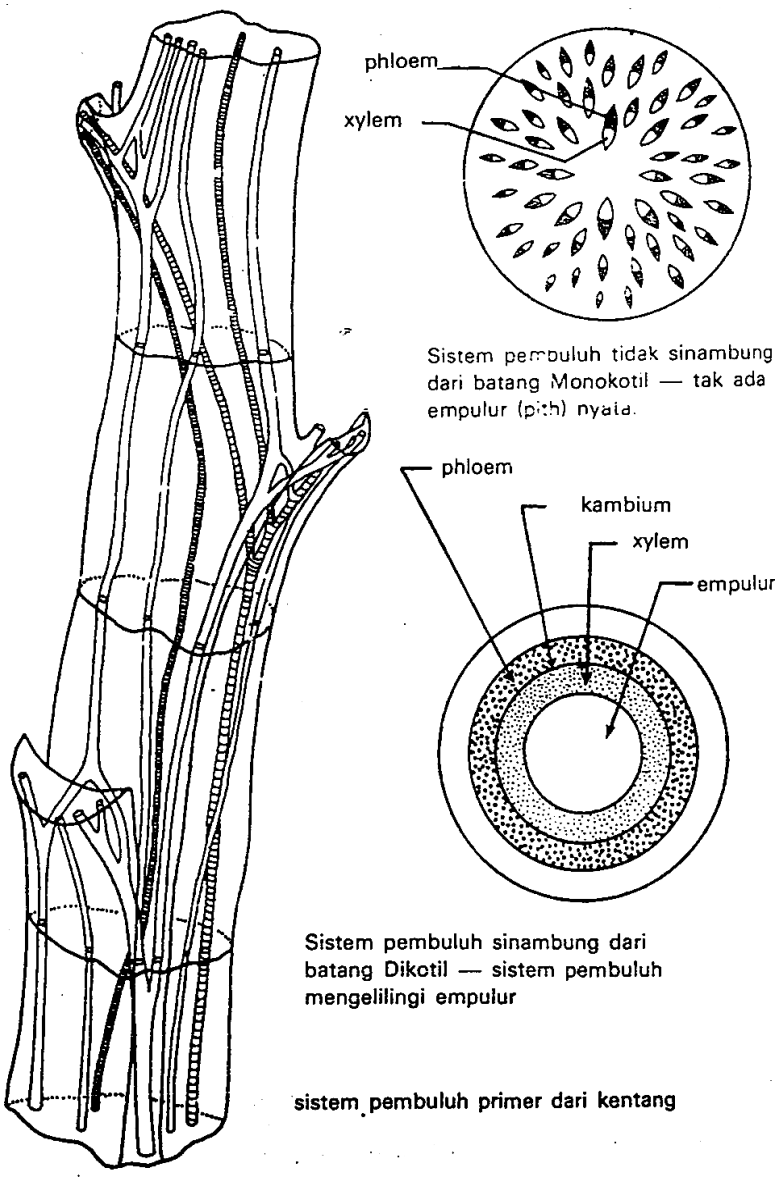
Pada tumbuhan yang uniselluler atau terdiri dari satu sel (bacteria), kegiatan hidup seperti: mengambil zat makanan, bernafas, penguapan, metabolisme dan berkembang biak dilakukan oleh sel itu sendiri. Demikian pula tumbuh-tumbuhan tingkat rendah, yang terdiri dari banyak sel tetapi masih sederhana (seperti *Spirogyr*a, golongan *Algae*), dimana masing-masing selnya itu masih aktif dalam proses hidupnya, jadi hanya merupakan kumpulan individu-individu yang mengumpul atau kelompok sel-sel atau lazim disebut koloni (Kartasapoetra, 1988).

Sedangkan tumbuhan tingkat tinggi terjadi pembagian pekerjaan diantara kumpulan sel penyusun tubuh. Sel-sel itu membentuk jaringan sel (suatu kumpulan sel yang bentuk dan fungsinya sama). Jadi yang dimaksud jaringan adalah suatu kumpulan sel yang bentuk dan fungsinya sama (Kartasapoetra, 1988). Dengan adanya jaringan-jaringan dalam tumbuhan, ini berarti bahwa tumbuhan tersebut ke dalam telah ada pembagian dalam kegiatan-kegiatan proses hidupnya. Tiap jaringan hanya melakukan satu macam proses hidup.

Klasifikasi jaringan dapat dilakukan dengan berbagai cara, dan klasifikasi jaringan secara botani, menurut Sri Setyati Harjadi (1979), yaitu :

a. Jaringan meristematik: sel-selnya secara aktif membelah dan tidak ber-diferensiasi
b. Jaringan permanen : sel-selnya tidak membelah tetapi berdiferensiasi.
    1. Jaringan sederhana (*simple tissue*), tersusun dari satu tipe sel.
        - Parekhim atau jaringan dasar : sel-selnya sederhana, berdinding tipis
        - Kolenkhima : jaringan penyokong, sel berdinding tebal
        - Sklerenkhima : unsur-unsurnya sangat berspesialisasi, berdinding tebal
    2. Jaringan kompleks (complex tissue), tersusun lebih dari satu tipe sel.
        - Xylem : Jaringan pengangkut air
        - Phloem : Jaringan pengangkut pangan

Jaringan meristimatik terdiri dari sel-sel yang secara aktif terlibat dalam pembelahan dan pertumbuhan sel. Meristem tidak hanya mengabadikan pembentukan jaringan baru tetapi juga mengabadikan dirinya sendiri (Sri Setyati Harjadi, 1979).



Gambar 12. Pengaturan sistem pembuluh batang yang sinambung dan tidak sinambung (Sri Setyati Harjadi, 1979)

Meristem terletak di berbagai bagian dari tanaman. Yang terdapat di ujung pucuk dan akar dikenal sebagai meristem apikal *(apical*). Meristem apikal dari pucuk juga disebut titik tumbuh. Pertambahan lingkaran batang berkayu merupakan hasil pertumbuhan meristem samping yang secara kelompok disebut kambium. Daerah meristematik dari rumput menjadi terisolasi dekat buku dan disebut meristem sisipan (*intercalary meristem*).

Sistem pembuluh (*vascular system*) pada dasarnya terdiri dari jaringan-jaringan xylem dan phloem, berfungsi terutama sebagai sistem pengangkutan dalam tanaman.

Bentuk-bentuk sistem pembuluh batang dari Monokotil dan Dikotil dapat dilihat pada Gambar 12. Dalam akar, sistem pembuluh dipisahkan dari kortex oleh jaringan khusus yang disebut perisikel dan endodermis (Sri Setyati Harjadi, 1979).

Epidermis adalah jaringan kulit luar / lapisan-lapisan sel yang berada paling luar pada akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji. Menurut Sri Setyati Harjadi (1979), tugas utama dari epidermis (jaringan kulit luar) adalah, mencakup proteksi secara mekanik, pengawetan air, pergantian gas-gas (dalam pucuk), absorbsi air (dalam akar), dan fungsi lainnya yang menyolok di suatu daerah lain, seperti sekresi. Pada bagian tanaman di atas tanah, epidermis biasanya dilapisi oleh lapisan lilin yang disebut dengan kulit kutikula (misal :pada batang dan daun).

3.3. Struktur Morfologi Tanaman

Tanaman berbiji terdiri dari dua bagian, yaitu: akar (*Root*), bagian yang biasanya berada di bawah permukaaan tanah, dan pucuk (*Shoot*), bagian yang biasanya berada di atas tanah. Pucuk terdiri dari batang dan daun-daunan, walaupun struktur ini tidak selalu nyata secara morfologi pada semua tanaman.

Daun-daun timbul dari bagian batang yang membesar, yang disebut buku (*nodus*). Bunga dapat dipandang sebagai batang khusus dengan daun-daun yang telah beradaptasi untuk fungsi reproduksi. Kuncup atau cup atau tunas (*bud*) merupakan batang berbunga atau berdaun secara mini.

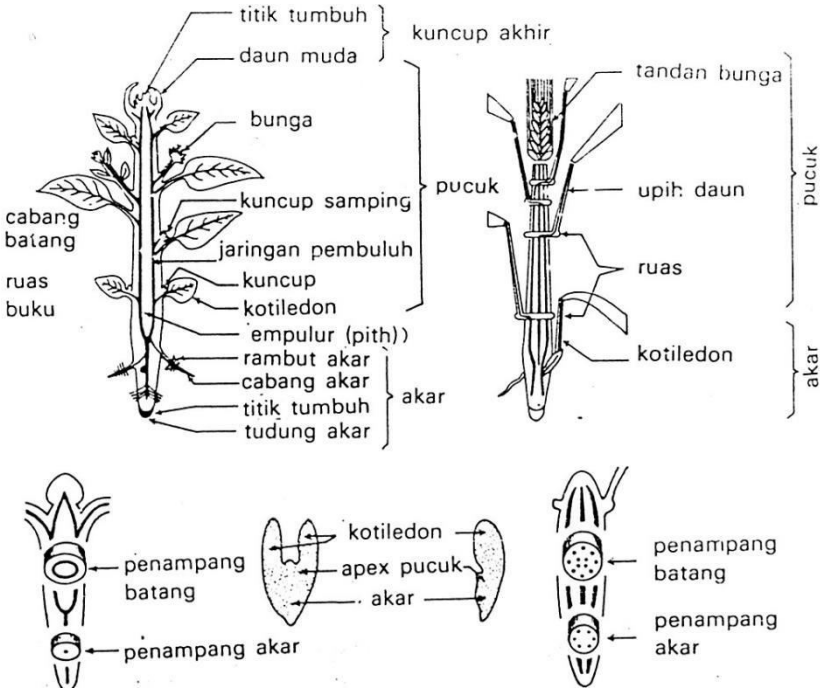
Bagian dasar dari tanaman-tanaman Monokotil dan Dikotil dapat dilihat pada Gambar 13.

3.3.1. Akar (*Radix*)

Akar, walaupun secara visual tidak nampak, merupakan komponen pokok dari tanaman, baik dalam hal fungsi maupun dalam jumlahnya, dapat mencapai kira-kira 1/3 berat kering seluruh tubuh atau total tanaman. Menurut Gembong Tjitrosoepomo (1985), akar telah teradaptasi strukturnya untuk tugas pokok atau fungsinya, yaitu : a. Memperkuat/ memperkokoh tegaknya tanaman; b. Absorbsi air dan zat-zat

makanan yang terlarut di dalam air dari tanah; c. Tempat penimbunan zat makanan atau penyimpanan (seperti pada : wortel, lobak, singkong)

Sedangkan sifat dari akar, yaitu : a. Biasanya terdapat dalam tanah; b. Arah tumbuh *geotrop* (ke pusat bumi), atau ke air *(hidrotrop*), meninggalkan udara dan cahaya; c. Warna tidak hijau, biasanya keputih-putihan atau kekuning-kuningan; d. Tumbuh terus pada ujungnya; e. Bentuknya seringkali meruncing, hingga lebih mudah menembus tanah; f. Tidak beruas-ruas dan tidak bernodus (berbuku-buku), dan tidak mendukung daun-daun atau sisik-sisik maupun bagian-bagian lainnya



Gambar 13. Bagian-bagian dari tanaman Dikotil sebelah kiri dan Monokotil sebelah kanan. Di bagian bawah keadaan embrio dan semainya (Sri Setyati Harjadi, 1979). Kotiledon (helai keping) (Darjanto dan Siti Satifah, 1982)

Sewaktu tanaman masih kecil, yaitu dalam bentuk lembaga di dalam biji, calon akar itu sudah ada, dan disebut dengan akar lembaga (*radicula*). Pada perkembangan lanjutannya, kalau biji mulai berkecambah sampai menjadi tumbuhan dewasa, akar lembaga dapat memperlihatkan perkembangan yang berbeda hingga pada tumbuhan lazimnya dibedakan dua macam sistem perakaran.

Menurut Gembong Tjitrosoepomo (1985), sistem perakaran ada 2 macam, yaitu **:**

a. Sistem perakaran tunggang, yaitu jika akar lembaga tumbuh terus menjadi akar pokok yang bercabang-cabang menjadi akar yang lebih kecil. Akar pokok yang berasal dari akar lembaga disebut akar tunggang (*Radix primaria*). Susunan akar/ sistem perakaran yang demikian biasanya terdapat pada tumbuhan biji belah (*Dicotyledoneae*) dan tumbuhan biji telanjang *(Gymnospermae).* Contoh : wortel, jeruk, tomat, dll.
b. Sistem perakaran serabut, yaitu jika akar lembaga dalam perkembangan selanjutnya mati atau kemudian disusul oleh sejumlah akar yang kurang lebih sama besar dan semuanya keluar dari pangkal batang. Akar-akar ini karena bukan berasal dari calon akar yang asli dinamakan akar liar, bentuknya seperti serabut oleh karena itu dinamakan akar serabut (*Radix adventicia*). Susunan akar/sistem perakaran yang demikian biasanya terdapat pada tumbuhan biji tunggal (*Monocotyledoneae*). Contoh: singkong, jagung, padi, kelapa, dll.

Baik pada sistem perakaran tunggang maupun pada sistem perakaran serabut, masing-masing akar dapat bercabang-cabang untuk bidang penyerapan dan untuk memperkokoh berdirinya batang tanaman, pertumbuhan tanaman sebagian dibatasi oleh perluasan bagian di bawah tanah.

Sistem perakaran tunggang hanya akan dijumpai jika tanaman ditanam dari bijinya (benih). Walaupun dari golongan tanaman berbiji belah (*Dicotylodeneae*) tidak akan mempunyai akar tunggang (sistem perakaran tunggang**),** jika tidak ditanam dari benih, seperti misalnya ; berbagai tanaman budidaya yang diperbanyak dengan cangkokan atau stek (perbanyakan secara vegetatif).

Suatu sistem akar serabut dapat dibentuk secara buatan dengan merusak akar tunggang. Hal ini dapat terlaksana dengan pemindahan (*transplanting*) tanaman atau memotong bagian bawah, suatu cara baku yang dilakukan untuk pohon-pohon dan perdu (Sri Setyati Harjadi, 1979).

Akar memperlihatkan variasi struktur yang perlu diperhatikan. Nama dari berbagai akar mencerminkan adaptasi pada fungsinya. Pada berbagai jenis tanaman kita dapati akar-akar yang mempunyai sifat dan tugas khusus, misalnya (Gembong Tjitrosoepomo, 1985): a. Akar udara atau akar gantung *(Radix aereus)* seperti : akar anggrek kala jengking (*Arahnis flosaeris*), akar gantung beringin (*Ficus benjamin* L.)

b. Akar penggerek atau akar penghisap (*Haustorium)* seperti pada benalu *(Loranthus*).

c. Akar pelekat (*Radix adligans*) seperti pada tanaman lada (*Piper nigrum* L.) dan sirih (*Piper betle* L), d. Akar pembelit *(Cirrhus radicalis)* seperti pada tanaman panili *(Vanilla planifolia* Andr.), e. Akar tunjang seperti : pada pohon bakau (*Rhizophora conjugata* L.), dan f**.** Akar banir seperti pada tanaman sukun (*Artocarpus communis* G. Forst), dan kenari (*Canarium commune* L.)

3.3.2. Pucuk (*shoot*)

Pucuk (*shoot*) dapat digambarkan sebagai sumbu tengah dengan embelan-embelan. Sumbu tengah ini, yaitu batang (*stem*), menyokong dedaunan (daun) yang menghasilkan pangan dan menghubungkannya dengan akar yang mengumpulkan air dan zat hara.

A. Batang (*Caulis*)

Bentuk tanaman-tanaman bervariasi sekali, dan ini ditentukan oleh struktur dan pola pertumbuhan batang (Sri Setyati Harjadi, 1979).

Struktur dan pola pertumbuhan batang bermacam-macam, yaitu :

a. Bentuk pertumbuhan yang tegak, yang memiliki satu titik tumbuh aktif dan batang yang kaku, adalah bentuk yang dianggap normal.
b. Vines, yaitu pertumbuhan batang yang merambat dan bersifat lunak yang tidak dapat menyokong dirinya untuk posisi tegak, kecuali dengan adanya suatu anjang-anjang atau ajir yang diberikan untuk menopang agar tumbuh tegak, seperti: kacang panjang, ubi jalar, kapri.
c. Liana, yaitu pertumbuhan batang yang merambat dan berkayu, seperti: anggur.
d. Roset, yaitu jika pertumbuhan dari ruas-ruas batang amat pendek sehingga letak nodus/buku saling berdekatan sehingga daun-daun tersusun rapat satu dengan lainnya, seakan-akan semua daunnya keluar dari bagian atas akarnya, dan bergerombol, seperti: lobak, sawi.

Pada umumnya batang mempunyai sifat-sifat sebagai berikut (Gembong Tjitrosoepomo, 1985):

a. Umumnya berbentuk panjang bulat seperti silinder atau dapat pula mempunyai bentuk lain, akan tetapi selalu bersifat aktinomorf, artinya dapat dengan sejumlah bidang dibagi menjadi dua bagian yang setangkup.
b. Terdiri atas ruas-ruas yang masing-masing dibatasi oleh buku-buku atau nodus**,** dan pada nodus inilah terdapat daun.
c. Tumbuhnya biasanya ke atas, menuju cahaya atau matahari (bersifat fototrop atau heliotrof).
d. Selalu bertambah panjang di ujungnya, oleh sebab itu sering dikatakan, bahwa batang mempunyai pertumbuhan yang tidak terbatas.
e. Mengadakan percabangan.
f. Umumnya tidak berwarna hijau, kecuali tanaman yang umurnya pendek, seperti rumput, bayam,dan pada saat batang masih muda.

Sedangkan fungsi dari batang menurut Gembong Tjitrosoepomo (1985), yaitu :

a. Untuk mendukung bagian-bagian tanaman yang ada di atas tanah, seperti: daun, bunga, dan buah.
b. Sebagai jalan pengangkutan air dan zat-zat makanan dari bawah ke atas dan jalan pengangkutan hasil-hasil fotosintesis dari atas ke bawah
c. Sebagai tempat penimbunan/penyimpanan zat-zat makanan cadangan, contoh: tebu.

Batang terbagi atas daerah-daerah yang sedang tumbuh aktif di mana pertumbuhan dan diferensiasi terjadi. Batang yang bersifat embrionik ini disebut tunas atau kuncup**.** Tidak semua kuncup tumbuh secara aktif, banyak yang terhalang perkembangannya, atau menjadi dorman. Kuncup yang demikian ini dinamakan kuncup tidur atau kuncup laten (tidak mati, tetapi juga tidak memperlihatkan kegiatan hidup). Karena sesuatu hal, kuncup tidur ini dapat tumbuh menjadi tunas yang baru (Sri Setyati Harjadi, 1979).

Modifikasi Batang: banyak modifikasi batang yang sangat berbeda dari morfologi aslinya, tapi strukturnya masih seperti batang, yaitu memiliki buku-buku, daun atau struktur seperti sisik, dan berfungsi dalam pengangkutan dan penyimpanan. Modifikasi batang dapat digolongkan pada bagian (Sri Setyati Harjadi, 1979):

a. Di bawah tanah, yaitu seperti: *bulbus, corm, rhizome, tuber*

- *bulbus* (umbi lapis), nampak sebagai modifikasi pucuk yang dimampatkan, dan terdiri dari suatu batang yang pipih dan pendek berbentuk cawan

dikelilingi sisik yang sesungguhnya merupakan struktur seperti daun yang berdaging. Sisik ini dapat menutupi tunas atau kuncup bunga. Sisik yang berisi zat makanan cadangan, dapat sinambung dan membentuk sederetan lapisan memusat mengelilingi suatu titik tumbuh, atau membentuk sedikit banyak secara acak sambungan dengan bagian kecil dari batang. Contoh: bawang merah, bawang bombai, bawang putih

- *Corm (*umbi)**,** adalah batang di bawah tanah yang pendek, berdaging dan memiliki beberapa buku. Corm adalah batang, terdapat beberapa daun rudimenter tidak berdaging. Contoh : bunga gladiolus, dan bunga coklat.
- *Rhizome* (rimpang), adalah batang bawah tanah yang tumbuh horizontal, dapat mampat dan berdaging seperti pada kana, jahe atau dapat pula langsing dengan ruas memanjang seperti pada alang-alang. Biasanya akar dan kuncup berkembang dari daerah buku atau nodus. Alang-alang menjadi mudah berkembang dan sukar diberantas karena rhizomenya ini.
- *Tuber* (Ubi), adalah bagian rhizome yang berdaging dan sangat membesar. Contoh: ubi kentang (*Solanum tuberosum* L.), dan ubi jalar/ ketela rambat (*Ipomoea batatas* Poir.). Mata yang tersusun secara spiral sekeliling ubi adalah tunas. Setiap mata tunas terdiri dari daun rudimenter dan gerombolan tunas-tunas yang mampat.

Ubi/umbi (*tuber)*, dapat merupakan modifikasi dari batang, tetapi dapat pula merupakan penjelmaan dari akar.

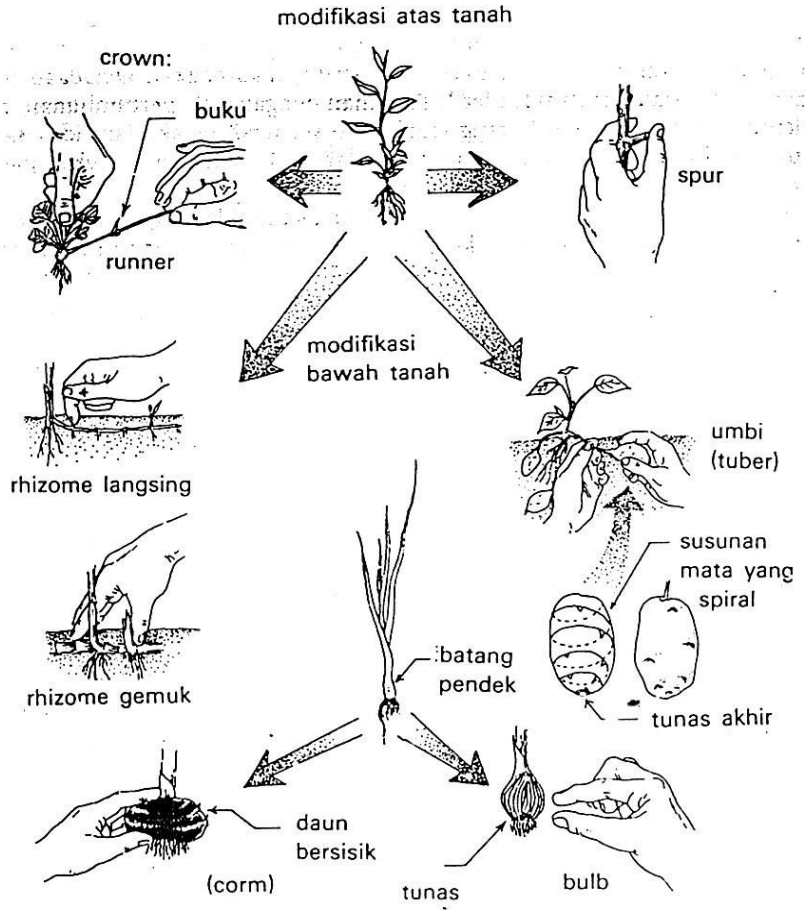
Oleh sebab itu ubi/umbi atau *tuber* dibedakan dalam (Gembong Tjitrosoepomo, 1985):

- Ubi/Umbi batang (*Tuber caulogenum*), jika umbi itu merupakan penjelmaaan batang. Contoh : ketela rambat, kentang, gembili
- Ubi/Umbi akar (*Tuber rhizogenum)*, jika umbi itu merupakan metomorfosis dari akar. Contoh : singkong, wortel, lobak

b. Di atas tanah, yaitu seperti: *crown, stolon, spur* :

- *Crown*, pada umumnya adalah bagian yang tepat di atas dan tepat di bawah permukaan tanah. (Kadang-kadang ada pengetian "*crown*", adalah bagian atas pohon yang bercabang). Bagian ini dapat membesar sekali;

- tajuk juga dapat dianggap batang yang dimampatkan. Struktur dari tajuk strawberry (arbei) dapat jelas terlihat dengan memanjangkan batang secara buatan dengan memberikan giberelin.



Gambar 14. Modifikasi batang, Perhatikan semua memiliki buku dan struktur seperti daun (Sri Setyati Harjadi, 1979).

Daun dan bunga muncul dari tajuk dengan tunas, seperti pada batang biasa. Kuncup atau tunas berdaging dari tajuk dapat menghasilkan tanaman baru, yang sering disebut dengan istilah pemisahan tajuk (*crown division*). Tajuk dapat berubah menjadi alat penyimpanan pangan/ zat makanan cadangan, seperti pada asparagus, dan bambu.

- Stolon, adalah batang yang tumbuh horizontal sepanjang tanah. Pada beberapa bukunya akar dan tunas berkembang. Contohnya adalah strawberry.
- Spur, adalah batang tanaman berkayu yang pertumbuhan memanjangnya sangat terkekang, cirinya merupakan ruas-ruas yang sangat memendek dan

nampak di samping cabang-cabang. Dalam beberapa pohon buah-buahan yang dewasa, seperti pada apel, pembungaan terbatas pada spur. Spur tidaklah statis, dan dapat berubah ke pertumbuhan batang yang normal, bahkan sesudah pembuahan bertahun-tahun (Sri Setyati Harjadi, 1979).

B. Daun (*Folium*)

Daun merupakan suatu bagian tanaman yang penting dan pada umumnya tiap tanaman tingkat tinggi mempunyai sejumlah besar daun. Daun biasanya melekat pada batang dengan tangkai *(Petiolus*), yang kadang-kadang berupa stipula (daun penumpu).

Bagian batang tempat duduknya daun atau melekatnya daun dinamakan buku-buku *(nodus*) batang. Daun biasanya tipis melebar, kaya akan suatu zat warna hijau, yang dinamakan khlorofil, tersusun sedemikian rupa sehingga memberikan suatu permukaan yang luas untuk absorbsi energi cahaya secara efisien. Dedaunan dapat mengandung struktur sekresi seperti kelenjar sekresi. Dalam banyak tanaman, terutama yang berasal dari daerah tropik lembab, air dapat dibuang melalui lubang-lubang kecil pada epidermis, yang sering terdapat di ujung daun, dan disebut *hydathoda*. Keluarnya air dalam bentuk tetes-tetes ini dinamakan penetesan atau gutasi air (peristiwa demikian itu yang dapat dilihat pada pagi hari pada musim hujan, misal pada tanaman keladi atau talas).

Fungsi daun bagi tanaman, yaitu sebagai alat untuk: a. Pengambilan zat-zat makanan *(resorbsi*), terutama yang berupa zat gas (CO_2) melalui mulut daun (stomata); b. Fotosintesis; c. Respirasi; dan d. Transpirasi

Struktur daun ada yang dikatakan daun yang lengkap dan daun tidak lengkap, daun yang lengkap mempunyai bagian-bagian sebagai berikut: a. Upih daun atau pelepah daun *(vagina*); b. Tangkai daun *(petiolus*); c. Helaian daun *(lamina*).

Daun lengkap dapat kita jumpai pada beberapa macam tanaman, misal : pohon pisang (*Musa paradisiacal* L.), bambu (*Bambusa* sp.), pohon pinang (*Areca catechu* L.), dll., sedangkan daun yang tidak lengkap jika tidak memiliki salah satu atau dua bagian dari tiga bagian tersebut di atas, misal: a. daun bertangkai (daun terdiri dari tangkai dan helaian daun) pada pohon nangka (*Artocarpus integra* Merr.); b. daun berpelepah (daun yang terdiri dari pelepah dan helaian daun) pada padi (*Oryza sativa* L.), dan jagung (*Zea mays* L.); c. daun yang hanya terdiri atas tangkai saja, dalam hal ini

biasanya tangkai daun lalu menjadi pipih sehingga menyerupai helaian daun, jadi merupakan suatu helaian daun semu yang disebut filodia seperti daun pada pohon acasia (*Acacia auriculiformis* A.Cunn)**,** serta yang hanya terdiri dari**;** d. helaian daun saja dinamakan daun duduk *(sessilis)* seperti pada tanaman biduri (*Calotropis gigantea* R.Br)**.** (Gembong Tjitrosoepomo, 1985).

Dari struktur anatomik dapat dilihat bahwa sistem pembuluh dalam daun terdiri dari urat-urat (*vein*) yang bercabang-cabang**.** Percabangan urat pada Dikotil seperti jala dan pada Monokotil sejajar. Lembaran daun yang biasanya simetris secara bilateral, tidaklah simetris secara radial, karena beda antara permukaan daun bagian atas dan permukaan daun bagian bawahnya

Dedaunan tanaman berbeda dalam bentuk dan ukuran, dari kepingan-kepingan pipih dan tipis ke daun-daun berbentuk jarum pada Conifera atau struktur berdaging seperti batang pada kaktus. Dedaunan merupakan bagian yang dapat dimakan pada banyak tanaman, seperti letus (slada), kubis, bayam dan merupakan wajah utama pada tanaman-tanaman seperti rumput-rumput. Tergantung spesiesnya, stomata dapat terjadi di permukaan atas, permukaan bawah atau pada kedua permukaan (Sri Setyati Harjadi, 1979).

C. Bunga *(Flos*)

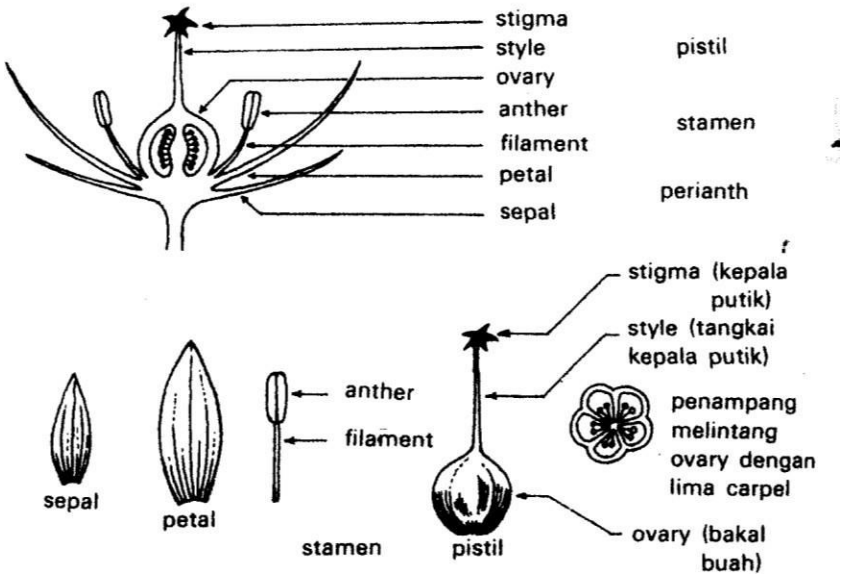
Bunga menunjukkan variasi besar dalam struktur, susunan dan ukuran. Bagian-bagian penting dari bunga dapat dilihat pada Gambar 15.

Sepal (secara kolektif disebut *calyx*), yaitu kelopak bunga, menutupi bunga waktu masih kuncup. Biasanya merupakan struktur seperti daun yang hijau, kecil, berada di bawah petal.

Petal (secara kolektif disebut *corolla*), atau mahkota atau tajuk bunga yang merupakan bagian bunga yang paling nyata. Warnanya biasanya menyolok dan biasanya tidak berwarna hijau. Ukurannya yang sangat besar, bentuk dan warna yang menarik dari tanaman bunga-bungaan yang dibudidayakan, merupakan hasil seleksi terhadap sifat-sifat tersebut.

Stamen (benang sari), merupakan struktur reproduktif jantan (alat-alat kelamin jantan atau *androecium*), tersusun dari *anther (*kepala sari) yang mengandung tepungsari (*pollen*), didukung tangkai benang sari (*filamentum*). Bila tepungsari dewasa, dikeluarkan lewat pori atau dinding anther yang pecah. Kelenjar nektari,

yang menghasilkan bahan kental dan bergula, dan kadang-kadang juga parfum, biasanya terdapat pada dasar stamen.



Gambar 15. Struktur Bunga (Sri Setyati Harjadi, 1979)

Pistil/pistillum (putik) terbentuk dari sebuah atau beberapa *carpel*, adalah struktur reproduksi betina (alat-alat kelamin betina atau *gynaecium*). Biasanya dimodifikasi menjadi suatu dasar yang mengandung *ovule* atau *ovary* (bakal buah) yang mendukung suatu daerah yang memanjang (*Style/ stylus* atau tangkai kepala putik) yang pucuknya atau permukaannya membesar, disebut *stigma* (kepala putik). *Ovule* akan berkembang jadi biji *(semen*), *ovary* dewasa menjadi buah.

Bunga yang terdiri dari sepal, petal, stamen, dan pistil disebut bunga lengkap (*complete flower*). Bunga tidak lengkap, jika tidak mengandung salah satu dari bagian-bagian tersebut. Misalnya : mungkin tidak ada stamen atau benangsari (maka disebut sebagai bunga betina atau *pistillate/femineus*), atau tidak memiliki pistil atau putik (disebut sebagai bunga jantan atau *staminate/masculus*). Bunga yang mempunyai stamen dan pistil, disebut sebagai bunga sempurna, bisexual, atau *hermaphrodit*/banci, walaupun tidak memiliki calyx atau corolla, yang berarti sebagai bunga yang tak lengkap bagian-bagiannya (Sri Setyati Harjadi, 1979)

Menurut Darjanto dan Siti Satifah (1982), tidak semua bunga mempunyai hiasan bunga yang jelas dapat dibedakan dalam kelopak dan tajuk bunganya (kelopak dan tajuk bunga disebut perhiasan bunga atau *perianthium*). Beberapa jenis tanaman

mempunyai hiasan bunga yang tidak lagi dapat dibedakan mana kelopak dan tajuknya, ke duanya sama, baik bentuk maupun warnanya, sehingga disebut tenda bunga (*perigonium*) (Gembong Tjitrosoepomo, 1985).

Demikian pula tanaman-tanaman disebut *staminate* sebagai (tanaman jantan), *pistillate* (tanaman betina), atau sempurna (*hermaphrodit*/banci) menurut dasar tipe bunga yang dihasilkannya. Bertalian dengan kelamin bunga yang terdapat pada suatu tanaman, maka dalam ilmu tumbuh-tumbuhan diadakan perbedaan sebagai berikut (Darjanto dan Siti Satifah, 1982):

a. Tanaman berumah satu *(monoecious*), jika kedua tipe bunga, yaitu staminate dan pistillate terdapat pada tanaman yang sama, contohnya seperti tanaman jagung, jarak (*Ricinus communis* L.).
b. Tanaman berumah dua (*dioecious*), jika bunga jantan (*staminate*) dan bunga betina (*pistillate*) terpisah tempatnya, artinya ada individu yang hanya mendukung bunga jantan saja, dan ada individu yang hanya mendukung bunga betina saja, pada spesies yang sama, contohnya : salak (*Zalacca edulis* Reinw.).
c. *Andromonoecious*, jika pada satu pohon/tanaman terdapat bunga jantan dan bunga hermaphrodit, contohnya : waluh (*Cucurbita moschata* Duch)
d. *Androdioecious,* bilamana bunga jantan dan bunga *hermaphrodit* terdapat terpisah pada dua pohon/tanaman dari spesies yang sama, artinya pada satu pohon terdapat bunga jantan dan pada pohon ke dua hanya terdapat bunga *hermaphrodit* saja, contoh: pepaya *(Carica papaya* L.)

D. Buah *(Fructus*)

Sebelum terbentuk buah, didahului dengan proses penyerbukan dan pembuahan. Penyerbukan adalah jatuhnya tepung sari pada kepala putik. Sedangkan pembuahan adalah bersatunya sel jantan dan sel betina pada kandung embrio (*Saccus Embryonalis*)

Menurut Mul Mulyani Sutedjo dan Kartasapoetra (1989) dan Gembong Tjitrosoepomo, (1985), buah pada tumbuhan umumnya dapat dibedakan dalam dua golongan, yaitu :

a. Buah semu atau buah tertutup, yaitu jika buah itu terbentuk dari bakal buah beserta bagian-bagian lain pada bunga itu (seperti: tangkai bunga, dasar bunga, kelopak bunga, tenda bunga dan ibu tangkai bunga majemuk) yang menjadi

bagian utama dari buah tersebut (lebih besar, lebih menarikperhatian, dapat dimakan), sedangkan buah yang sesungguhnya (ovarium) kadang-kadang tersembunyi.

Contohnya: jambu monyet/jambu mete (tangkai bunga yang membesar), nangka (tenda bunga dan ibu tangkai pada bunga majemuk), arbei (dasar bunga/*receptaculum* pada bunga tunggal), ciplukan (kelopak bunga).

b. Buah sejati atau buah telanjang, yaitu jka buah itu terbentuk hanya dari bakal buahnya (ovarium) saja, dan jika ada bagian-bunga lainnya yang masih tinggal/ada, bagian ini tidak merupakan bagian buah yang berarti.

Contohnya: jagung (kelobot, rambut jagung), terong (daun-daun kelopak), jambu biji (tangkai kepala putik/rambut), manggis (kepala putik).

Menurut Gembong Tjitrosoepomo (1985), penggolongan buah baik buah semu maupun sejati masing-masing dapat dibedakan dalam tiga golongan, yaitu : a). Buah tunggal, b). Buah ganda, dan c). Buah majemuk.

a. Buah tunggal, ialah buah yang terjadi dari satu bunga dengan satu bakal buah (ovari) saja, dan kebanyakan berbiji satu. Pada buah dewasa (bila bijinya telah berkembang penuh**),** dinding ovary dapat berdaging (bagian terbesar terdiri dari parenkhima sukulen yang hidup) atau kering (terbentuk dari sel-sel sclerenkhima mati yang dindingnya mengalami lignifikasi dan suberisasi).

   Contoh sejati tunggal : mangga, mentimun, rambutan (*Nephelium lappaceum* L.)

   Contoh semu tunggal : jambu monyet *(Anacardium occidentale* L.)

b. Buah berganda, ialah buah yang berasal dari bunga-bunga yang bergerombol, berdekatan tetapi terpisah.

   Contoh sejati ganda: nenas, murbei dan ara. Biji bit merupakan buah berganda.

   Contoh semu ganda : arbei (*Fragraria vesca* L.)

c. Buah majemuk, ialah buah yang berasal dari bunga-bunga yang memiliki banyak pistil pada *receptacle* (dasar bunga) yang sama. Buah-buah individual dari buah majemuk adalah drupe pada blackberry dan achenes pada arbei (strawbery). Bagian berdaging yang dapat dimakan pada strawberry adalah receptaclenya.

Contoh buah sejati majemuk: Strawberry, pandan, dan contoh dari buah semu majemuk: nangka, keluweh

Dinding ovary, atau pericarp tersusun dari 3 lapisan berbeda (Gembong Tjitrosoepomo, 1985) yaitu : *Exocarp* (kulit luar), *Mesocarp* (kulit tengah), *Endocarp* (kulit dalam).

Menurut Gembong Tjitrosoepomo (1985), buah sejati tunggal dapat dlibedakan lagi dalam dua golongan, yaitu: a. buah sejati tunggal yang berdaging (*carnosus*), ialah jika dinding buahnya menjadi tebal berdaging dan b. buah sejati tunggal yang kering *(siccus*), yaitu buah tunggal yang bagian luarnya keras dan mengayu seperti kulit yang kering.

Buah sejati tunggal yang berdaging dibedakan sebagai berikut :

a. Buah buni atau buah berry. Buah buni yang berdinding tebal dan dapat dimakan, misalnya: tomat, anggur, cabai, papaya, sawo manila. Kulit buahnya yang tidak begitu tebal, seringkali mempunyai sifat yang agak kaku seperti kulit, tidak lunak dan tidak berdaging, biji terdapat bebas di dalamnya, misalnya : rambutan, duku.
b. Buah *pepo* (mentimun), misalnya : buah mentimun, labu, semangka, markisa.
c. Buah *hesperidium* (jeruk), buah jeruk dapat dijumpai pada, semua anggota marga jeruk (*Citrus* sp.), misalnya: jeruk besar, jeruk keprok, jeruk nipis,dan jeruk lainnya.
d. Buah *drupe/drupa* (batu), misalnya : mangga, kelapa.
e. Buah *pome* (apel), misalnya : apel (*Pyrus malus* L.), pear (*Pyrus communis* L.).

Buah sejati tunggal yang kering dapat dibedakan lagi dalam : a. Buah tunggal kering yang hanya mengandung satu biji, biasanya buah ini kalau masak tidak pecah (*indehiscens*), dan b. Buah tunggal kering yang mengandung banyak (lebih dari satu) biji, dan jika masak buah pecah (*dehiscens*) menjadi beberapa bagian buah, atau pecah sedemikian rupa hingga biji terlepas.

Buah *indehiscens* (tidak merekah/ tidak pecah bila masak*),* contoh-contoh dari golongan buah ini, adalah: a. *Caryopsis* (buah padi) misal: padi (*Oryza sativa* L), jagung (*Zea mays* L.); b**.** *Achenium* (buah kurung) misal : buah dari bunga matahari (*Helianthus annuus* L.), buah dari bunga pukul empat (*Mirabilis jalapa* L.); c. *Nux* (buah keras), dan d. *Samara* (Buah bersayap) misal: bunga pada warga suku *Dipterocarpaceae*.

Buah *dehiscens* (merekah/pecah bila masak*),* digolong-golongkan menurut cara terjadinya dehiscence dan jumlah carpel yang membentuknya. Contoh-contoh dari golongan buah ini, adalah: a. Buah berbelah (*Schizocarpium)*, misal selasih; b. Buah kendaga (*rhegma),* misal: jarak (*Ricinus communis* L.) dan c. Buah kotak, misal: polong orok-orok (*Crotalaria* sp.), kembang merak (*Caesalpinia pulcherrima* Swartz.), kacang tanah (*Arachis hypogaea* L), lobak *(Raphanus sativus* L.), sawi (*Brassica juncea* Coss.) dan lain-lain.

Pada umumnya buah hanya dapat terbentuk setelah terjadi penyerbukan dan pembuahan, yaitu peleburan diri antara sel telur dan inti sperma. Pembuahan sel telur oleh inti sperma disebut *amfimiksis (amphimixis*).

Sedangkan *Partenogenesis* dimaksudkan bila sebuah sel telur (*ovum*) di dalam bakal biji (*ovulum*) yang dalam keadaan tertentu kadang-kadang dapat tumbuh menjadi embrio tanpa mengalami pembuahan sama sekali (Darjanto dan Siti Satifah, 1982).

Kadang-kadang beberapa sel telur di luar kandung embrio, misalnya sel-sel dari jaringan *nucellus*, dapat pula tumbuh menjadi embrio**.** Dalam keadaan tertentu sel-sel *nucellus* itu dapat masuk ke dalam kandung embrio dan kemudian tumbuh menjadi embrio. Pembentukan embrio yang tidak berasal dari sel telur, tetapi dari sel-sel lain dari bakal biji tanpa pembuahan disebut *apogami*, contoh**:** biji jeruk, mangga, apokat. Dengan demikian apogami dapat mengakibatkan terbentuknya banyak embrio di dalam satu biji, yaitu yang disebut *poli-embrioni (polyembrionie*), contohnya: rambutan.

Di alam terdapat beberapa jenis tanaman yang kadang-kadang dapat membentuk buah tanpa biji sama sekali. Bunganya tidak mengalami penyerbukan atau pembuahan dan bakal bijinya *(ovulum*) lekas mati.Bakal buahnya yang dapat tumbuh menjadi buah tanpa didahului dengan penyerbukan atau pembuahan dan tidak berbiji sama sekali disebut *Partenokarpi (parthenocarpie),* misal : anggur, pisang, apel, sukun, nenas (Darjanto dan Siti Satifah, 1982).

Dalam praktek, buah partenokarpi banyak diusahakan oleh petani atau perusahaan tanaman buah-buahan, misal semangka, tomat, dengan jalan menyemprot bakal buah dari putik yang masih muda dengan larutan zat tumbuh sebelum putiknya mengalami penyerbukan (atau menggunakan hormon GA (Gibberellin Acid)**).** Buah tanpa biji (*Seedless*) yang diusahakan dengan jalan demikian disebut *partenokarpi buatan atau partenokarpi induksi* (Darjanto dan Siti Satifah, 1982).

IV. PERBANYAKAN TANAMAN

Tujuan utama perbanyakan tanaman adalah untuk mendapatkan pertambahan jumlah tanaman dan memelihara atau melestarikan sifat-sifat penting tanaman.

Untuk mencapai tujuan tersebut perbanyakan dapat dilakukan secara :

1. **generatif**
2. **vegetatif**

Perbanyakan secara generatif dilakukan dengan menanam biji tanaman terseleksi hingga menghasilkan tanaman baru yang lebih banyak.

Sedangkan perbanyakan secara vegetatif merupakan perbanyakan yang menggunakan bagian aseksual tanaman seperti batang, daun, ranting, cabang, dan akar untuk mendapatkan tanaman baru.

Selain perbanyakan secara generatif atau vegetatif, perbanyakan dapat pula dilakukan dengan menggunakan gabungan kedua cara tersebut. Contoh perbanyakan gabungan adalah perbanyakan tanaman secara okulasi. Batang bawah yang digunakan berasal dari hasil perbanyakan dengan biji (generatif), kemudian batang bawah tersebut ditempeli tunas yang berasal dari tanaman lain untuk membentuk batang atasnya.

Perbanyakan tanaman yang lebih modern dilakukan melalui teknik kultur jaringan (*tissue culture*) di laboratorium. Kultur jaringan termasuk cara perbanyakan tanaman secara vegetatif yang didasarkan pada sifat totipotensi tumbuhan. Pada teknik ini digunakan sel atau jaringan tanaman yang aktif sebagai bahan perbanyakan. Melalui kultur jaringan bisa dihasilkan bibit dalam jumlah banyak dan mewarisi sifat induk.

Perbanyakan tanaman dapat dianggap sebagai suatu seni (*art of propagation*), yang memerlukan praktek dan pengalaman untuk menguasainya, seperti bagaimana cara melakukan okulasi dan penyambungan (*budding dan grafting*), bagaimana membuat stek, atau bagaimana menggunakan prosedur kultur jaringan. Disamping itu perbanyakan tanaman dapat pula dikatakan sebagai suatu ilmu (*science of propagation*), karena untuk keberhasilan

perbanyakan diperlukan pengetahuan pertumbuhan tanaman, perkembangan, dan morfologi.

4.1. Perbanyakan Generatif

Melalui perbanyakan generatif, biji yang telah memenuhi syarat ditanam hingga menghasilkan tanaman baru yang lebih banyak.

Keuntungan pembiakan generatif diantaranya adalah biaya yang dikeluarkan relatif murah, penyimpanan dalam waktu lama memuaskan, daya hidupnya tetap tinggi bila disimpan dalam lingkungan yang menghindari kondisi *favorable* untuk respirasi dan kegiatan enzimatik, serta memungkinkan untuk memulai tanaman yang bebas penyakit, khususnya penyakit tertular biji (*seedborne*). Meskipun demikian terdapat pula kelemahan pembiakan generatif, seperti adanya segregasi sifat untuk tanaman-tanaman heterozigot, sehingga dihasilkan beberapa tanaman keturunan yang sifatnya tidak sama dengan induknya.

4. 1.1. Pengertian Biji, Benih, dan Bibit

Dalam kegiatan budidaya tanaman istilah biji, benih, dan bibit mempunyai pengertian berbeda.

Istilah biji digunakan untuk menyebut bagian tanaman yang berfungsi sebagai unit penyebaran (*dispersal unit*) perbanyakan tanaman secara alamiah. Biji tersebut dapat tumbuh menjadi tanaman tanpa campur tangan manusia, misalnya terbawa angin atau tersebar dengan perantaraan binatang.

Dalam pandangan lain dapat pula dikatakan bahwa biji merupakan produk agronomi yang akan dikonsumsi sebagai bahan pangan atau bahan industri, bukan untuk tujuan perbanyakan.

Benih diartikan sebagai biji tanaman yang telah mengalami perlakuan dan akan digunakan untuk tujuan perbanyakan tanaman.

Menurut Sadjad (1993), biji tumbuhan kalau dipelihara dan ditangani untuk tujuan budidaya dikatakan biji itu berfungsi sebagai benih.

Contoh biji durian yang dilempar ke tempat sampah dan tumbuh menjadi tumbuhan durian bukanlah benih. Tetapi kalau biji durian tersebut memang

sengaja ditanam tanpa dipelihara sekalipun, akhirnya menjadi tanaman durian, biji yang ditanam itu adalah benih durian.

Bibit (tanaman) adalah tanaman muda yang sudah tumbuh di persemaian dan siap dipindah ke lokasi penanaman.

Contoh benih padi sawah sebelum ditanam di sawah dilakukan penyemaian, setelah tanaman berumur 21 hari di persemaian dapat dipindah dan ditanam di sawah.

4.1.2. Benih

Faktor benih perlu mendapat perhatian utama dalam kegiatan budidaya tanaman. Benih termasuk faktor penentu keberhasilan pembudidayaan tanaman. Penggunaan benih bermutu tinggi akan dapat mengurangi resiko kegagalan budidaya. **Menurut Kuswanto (1997) benih bermutu mempunyai pengertian bahwa benih tersebut varietasnya benar dan murni, mempunyai mutu genetis, mutu fisiologis dan mutu fisik yang tertinggi sesuai dengan mutu standar pada klasnya.**

a. Mutu Fisik

Mutu fisik merupakan penilaian terhadap kondisi fisik benih. Benih bermutu fisik tinggi adalah benih yang bersih tidak hanya dari campuran kotoran fisik seperti pasir, tanah, tangkai atau daun kering, tetapi juga bersih dari campuran benih-benih mati atau benih abnormal fisik, benih kosong/hampa, atau dari bagian benih seperti kulit, endosperm, ataupun pecahan kotiledon. Disamping itu, benih tersebut menunjukkan keseragaman bentuk, ukuran, warna dan berat per jumlah atau volume.

b. Mutu Fisiologis

Mutu fisiologis benih adalah mutu benih yang berkaitan dengan kemampuan benih untuk bisa hidup normal dalam kisaran keadaan alam yang cukup luas, mampu tumbuh cepat dan merata. Benih bermutu fisiologi tinggi, walaupun disimpan dalam keadaan sub optimum, akan tetap menghasilkan pertumbuhan tanaman yang berproduksi normal bila ditanam sesudah disimpan.

c. Mutu Genetik

Mutu genetik mencerminkan hal yang berkaitan dengan kebenaran varietas benih, baik secara fenotif (fisik) maupun genetiknya. Benih bermutu genetik tinggi akan memperlihatkan penampilan pertanaman di lapang seragam. Keseragaman tersebut

mencerminkan kemurnian benih yang ditanam. Menurut Sadjad (1993) beberapa keuntungan akan diperoleh dari pertanaman yang homogen (*homogenous stand*) seperti pupuk dengan dosis tertentu dapat diserap merata oleh setiap individu tanaman, panenan dapat dilakukan serentak, letak buah pada tanaman sama, sehingga kalau panenan dilakukan dengan mesin tidak banyak yang tertinggal. Adanya campuran gulma di lapang dinilai oleh Sadjad (1993) sebagai rendahnya mutu genetik benih yang ditanam. Hal ini disebabkan stamina tanaman tidak homogen, sehingga memungkinkan pertumbuhan gulma merajalela.

Secara praktis ada lima kriteria yang dapat digunakan untuk menilai bermutu tidaknya benih ditinjau dari penampakannya, yaitu:

- Benih bersih dan bebas dari kotoran, seperti kerikil dan biji-biji lain.
- Benih tidak tercampur dengan benih lain (murni).
- Benih berwarna terang dan tidak kusam.
- Benih mulus, tidak memiliki bercak, dan kulit tidak terkelupas.
- Sehat, bernas, tidak keriput, ukuran normal dan seragam.

4.1.3. Perkecambahan Benih

Perkecambahan benih merupakan fase awal dari siklus hidup tanaman. Munculnya radikula dan plumula pada benih mencirikan benih sedang berkecambah. **Perkecambahan benih ditentukan; a. viabilitas benih; b. kondisi lingkungan yang sesuai; dan c. pada beberapa tanaman yang mengalami dormansi tergantung pada upaya pemecahan dormansi.**

a. Viabilitas benih

Viabilitas benih merupakan daya hidup benih yang ditunjukkan oleh pertumbuhan benih atau gejala metabolismenya. Pertumbuhan benih sebagai ciri benih yang memiliki viabilitas menunjukkan pada persentase benih yang akan menyelesaikan perkecambahan, kecepatan perkecambahan, dan vigor akhir dari kecambah-kecambah yang baru kecambah. Paling nyata dari pengukuran viabilitas adalah hasil pengujian dari benih suatu species yang menghasilkan kecambah normal pada kondisi perkecambahan normal. Namun demikian, karena pengukuran ini umumnya dilakukan di laboratorium pada kondisi optimum padahal kondisi lapang yang sebenarnya kebanyakan berada pada kondisi sub optimum, maka dapat

mengakibatkan turunnya persentase perkecambahan serta lemahnya pertumbuhan selanjutnya. Secara ideal semua benih harus memiliki kekuatan tumbuh yang tinggi, sehingga bila ditanam pada kondisi lapangan yang beraneka ragam akan tetap tumbuh sehat dan kuat serta berproduksi tinggi dengan kualitas baik. Keadaan ini mencerminkan bahwa suatu benih yang ditanam disamping diperlukan memiliki viabilitas yang tinggi diperlukan pula vigor yang tinggi.

Uji perkecambahan dapat dilakukan pada berbagai macam media, diantaranya adalah di atas kertas pengisap yang dibasahi pada kondisi lingkungan yang dikendalikan secara ketat. Waktu yang diperlukan untuk pengujian berbeda-beda menurut kecepatan berbagai species berkecambah. Umumnya pengamatan dilakukan pada hari ketiga dan kelima sesudah pengecambahan. Benih yang sudah tumbuh normal sesuai dengan ukuran yang sudah dibakukan diambil dan dihitung. Jumlah kecambah normal dihitung dalam persen terhadap semua benih yang dikecambahkan dan menjadi gambaran persentase tanaman yang mampu tumbuh secara normal di lapangan pada kondisi optimum.

Untuk pengukuran vigor benih dilakukan pada media yang tidak optimum. Misalnya saja, bila ingin mengetahui vigor benih terhadap kekeringan, maka benih dapat ditanam pada media bata merah, atau pada media yang memiliki tekanan osmosis tinggi. Substrat kertas merang yang dicelup ke dalam larutan garam NaCl dapat digunakan untuk menciptakan tekanan osmosis yang tinggi. Selama kondisi larutan garam tidak memberikan efek peracunan, maka substrat dapat mengindikasikan vigor benih terhadap kekeringan. Pada kondisi media kering tersebut, benih memerlukan energi yang lebih tinggi untuk menyerap air. Hanya benih yang vigor saja yang mampu menyerap air dan tumbuh dengan normal. Perhitungan nilai vigor benih secara absolut dilakukan dengan menghitung berapa % kecambah yang tumbuh normal pada kondisi kekeringan tersebut.

b. Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap perkecambahan benih adalah air, suhu, oksigen, dan cahaya.

Air. Air merupakan syarat pertama yang harus dipenuhi untuk dapat dimulainya proses perkecambahan benih. Terdapat dua faktor yang mempengaruhi penyerapan air oleh benih yaitu sifat dari kulit pelindung benih dan jumlah air tersedia pada

media perkecambahan. Benih berkulit keras akan mengalami kesulitan menyerap air, sedang jumlah air yang diperlukan tergantung species benih. Secara umum benih tanaman mempunyai kemampuan berkecambah pada kisaran air tanah tersedia mulai dari kapasitas lapang sampai titik layu permanen. Yang dimaksud dengan kapasitas lapang dari tanah adalah jumlah air maksimum yang tertinggal sehabis air permukaan dikuras dan sehabis air yang keluar dari tanah akibat gaya berat. Sedangkan titik layu permanen adalah keadaan kandungan air tanah yang menyebabkan kelayuan pada tanaman yang tak dapat balik.

Sri Setyati Harjadi (1979), membagi benih atas 5 kelompok berdasarkan keadaan kandungan air tanah yang diperlukan untuk dapat berkecambah, yaitu :

- Benih yang akan berkecambah sama baiknya dekat titik layu permanen atau dengan kandungan air lebih besar. Contoh benih kelompok ini adalah kubis, jagung, '*muskmelon*', cabai, lobak, '*squash'* turnip, dan semangka.
- Benih yang memerlukan kandungan air tanah sedikitnya 20 % di atas titik layu permanen, seperti buncis, wortel, ketimun, bawang bombai, spinasi, tomat.
- Benih yang memerlukan kandungan air tanah sedikitnya 33 % di atas titik layu permanen. Yang termasuk kelompok ini adalah benih 'lima bean, dan kapri.
- Benih yang memerlukan kandungan air tanah kira-kira 50 % di atas titik layu permanen. Contoh bit, dan slada.
- Benih yang memerlukan kandungan air tanah dekat kapasitas lapang, seperti seledri.

Untuk kebanyakan benih, kondisi lewat basah sangat merugikan, karena menghambat aerasi dan menciptakan kondisi yang menguntungkan bagi berkembangnya penyakit.

Suhu. Suhu merupakan faktor kedua yang mempengaruhi perkecambahan benih. Pengaruh suhu pada perkecambahan juga beragam tergantung species dan sedikit berhubungan dengan syarat suhu untuk pertumbuhan optimum dari tanaman dewasa. Berdasarkan kebutuhan suhu, tanaman dapat dikelompokkan atas 3 kelompok (Lita Lita Sutopo, 1993), yaitu :

- Tanaman yang benihnya hanya akan berkecambah pada suhu yang relatif rendah. Contoh Benih *Lewisia rediviva* hanya berkecambah pada suhu di bawah 50^0 F (10^0 C), sedangkan *Camassia leichlini* memerlukan suhu di bawah 41^0 F (5^0 C).
- Tanaman yang benihnya hanya akan berkecambah pada suhu relatif tinggi. Benih dari kebanyakan tanaman tropika membutuhkan suhu tinggi untuk perkecambahannya.
- Tanaman yang mampu berkecambah pada kisaran temperatur dari rendah sampai tinggi.

  Benih yang sama akan menghasilkan perbedaan jumlah perkecambahan, bila mendapatkan suhu yang berbeda. Pada beberapa benih terdapat suhu minimum perkecambahan, yaitu jika suhu diturunkan dari suhu minimum tersebut maka benih akan gagal untuk berkecambah, atau terjadi kerusakan "chilling" yang mengakibatkan terbentuknya kecambah abnormal. Sedangkan suhu maksimum merupakan suhu tertinggi dapat terjadinya perkecambahan. Di atas suhu maksimum akan terjadi kerusakan benih dan jaringan kecambah tanaman. Suhu yang paling menguntungkan bagi perkecambahan adalah suhu optimum. Pada suhu optimum akan diperoleh prosentase perkecambahan tertinggi.

Oksigen. Benih memerlukan energi dalam proses perkecambahannya. Energi tersebut dipenuhi dari oksidasi cadangan makanan yang ada di dalam benih. Proses perombakan cadangan makanan tersebut secara khusus dikenal dengan respirasi.

Respirasi benih akan berlangsung terus selama benih tersebut masih hidup. Kebutuhan oksigen saat perkecambahan akan meningkat sejalan dengan meningkatnya respirasi. Terbatasnya ketersediaan oksigen yang diperlukan respirasi akan mengakibatkan terhambatnya proses perkecambahan benih. Pada penggunaan drainase yang baik dan pengolahan bedengan pesemaian yang baik akan merangsang perkecambahan benih, sebagai akibat aerasi yang baik. Untuk species tanaman pencinta air, seperti padi mempunyai kemampuan untuk melakukan perkecambahan, walaupun keadaan oksigen kurang.

Cahaya. Pengaruh cahaya terhadap perkecambahan benih tergantung jenis tanamannya.

Adriance dan Brison (1955) dalam Lita Sutopo (1993), **membagi benih atas 4 golongan berdasarkan kebutuhan cahaya, yaitu :**

- Benih yang memerlukan cahaya secara mutlak untuk perkecambahannya, seperti misletoe (*Viscum album*), fig *(Ficus anrea*).
- Benih yang memerlukan cahaya untuk memepercepat perkecambahannya. Contoh: selada (*Lactuca sativa*), tembakau *Nicotiana tabacum*).
- Benih yang dapat terhambat perkecambahannya, bila ada cahaya. Misal *Allium* sp., *Amaranthus* sp., Phlox sp.
- Benih yang dapat berkecambah sama baiknya di tempat gelap ataupun ada cahaya. Contoh: kubis (*Brassica oleracea* L), kacang-kacangan (legumes).

c. Dormansi benih

Dormansi benih merupakan kondisi benih yang tidak mampu berkecambah meski kondisi lingkungannya optimum untuk perkecambahan. Oleh karena itu untuk dapat terlaksananya perkecambahan harus dipecahkan dulu dormansinya. Namun masalah yang mungkin cukup besar adalah membedakan benih yang tidak mampu berkecambah disebabkan oleh keadaan benih tersebut dorman ataukah memang tidak hidup (*nonviable*). Suatu uji cepat dapat dilakukan untuk mendeteksi viabilitas benih dengan menggunakan bahan kimia tetrazolium (2,3,5–triphenyl tetrazolium chloride). Dalam uji ini sel-sel hidup akan berwarna merah, sedangkan sel-sel mati tidak. Menurut Sadjad (1993) terjadinya warna merah pada sel-sel hidup tersebut disebabkan adanya endapan formazan dari hasil reaksi antara ion-ion H^+ yang dilepaskan sel-sel hidup dengan tetrazolium, sedangkan sel-sel mati tidak melakukan metabolisme pembebasan ion H^+, sehingga tidak akan memberikan warna merah.

Pada benih hidup (*viable*), namun tidak juga berkecambah pada lingkungan yang sudah optimum, amatlah perlu diketahui tipe dormansi yang terjadi, Hal ini penting karena akan menentukan perlakuan yang akan diberikan.

Menurut Sri Setyati Harjadi (1979) tipe dormansi dapat dibedakan atas dormansi fisik, dormansi fisiologi dan dormansi ganda.

Dormansi fisik. Dormansi fisik adalah dormansi yang disebabkan keadaan kulit benih yang keras dan kedap, sehingga menjadi penghalang mekanis terhadap masuknya air atau gas ke dalam benih. Untuk mendorong terjadinya perkecambahan pada benih yang memiliki dormansi tipe ini perlu diberi perlakuan skarifikasi, yaitu pengubahan kulit biji agar bersifat permeable terhadap air dan gas. Berbagai macam teknik dapat digunakan untuk mencapai maksud ini, seperti menggosok kulit benih dengan kertas ampelas, perendaman dalam air dingin atau air panas, dan penggunaan bahan kimia.

Skarifikasi mekanis seperti menggunakan kertas ampelas untuk menggosok kulit biji harus dilakukan dengan hati-hati. Penggosokan berlebihan dapat saja merusak benih. Contoh benih yang dapat diskarifikasi secara mekanis adalah kemiri.

Skarifikasi dengan menggunakan air adalah skarifikasi dengan air panas. Tingkat suhu air panas yang efektif dalam memecahkan dormansi tergantung jenis benihnya. Menurut Lita Sutopo (1993) untuk benih apel air panas yang digunakan dapat mencapai 212^0 F dengan lama perendaman 2 menit, setelah itu diambil untuk dikecambahkan. Sedangkan Sri Setyati Harjadi (1979) menyebutkan air panas yang efektif untuk perkecambahan benih "*honey locust*" terletak pada kisaran suhu 77–100^0C.

Prosedur umum yang digunakan, bila benih diperlakukan dengan air panas adalah dengan memanaskan air pada suhu 180^0–200^0 F, kemudian benih dimasukkan ke dalam air panas, biarkan sampai menjadi dingin selama beberapa waktu sebelum dikecambahkan.

Dalam skarifikasi kimia digunakan bahan kimia tertentu untuk menjadikan kulit biji lebih mudah dimasuki air pada saat proses imbibisi. Penggunaan larutan asam sulfat ataupun asam nitrat dengan konsentrasi pekat dapat membuat kulit biji menjadi lebih lunak, sehingga dapat dilalui air dengan mudah. Pada benih tanaman padi digunakan asam nitrat pekat untuk memecahkan dormansinya dengan cara merendam benih padi ke dalam asam nitrat tersebut selama 30 menit.

Dormansi fisiologis. Dormansi fisiologis dapat disebabkan oleh faktor inhibitor (penghambat), ketidakmasakan embrio, atau benih memerlukan *after ripening*.

Kehadiran inhibitor telah ditemukan pada sejumlah benih. Kebanyakan inhibitor alamiah merupakan senyawa organik sederhana dengan berat molekul rendah, seperti Asam Sianida, Ammonia dan ethylen. Pengatur tumbuh (growth

regulator) yang digunakan dengan konsentrasi tinggi dapat pula menjadi inhibitor. Pengatur tumbuh tersebut meliputi auksin, giberelin, kinin, dan beberapa herbisida. Menurut Copeland (1976) bahwa inhibitor bekerja secara tidak langsung mempengaruhi perkecambahan melalui pemblokan (*blocking*) senyawa yang dibutuhkan dalam proses perombakan cadangan makanan benih, sehingga respirasi tidak terjadi. Contoh pada benih barley pembentukan enzim amilase, suatu enzim yang berperan dalam perombakan pati pada respirasi, akan dihambat oleh aflatoksin, abscisin II, dan herbisida isopropyl-m-chlorobanilate (chloropropham), 4-choloro-2 butyhyl N-(3-chlorophenyl) carbamate (barban) dan N, N-dimethyl–2,2-diphenylacetamide (diphenamid).

Ketidakmampuan benih untuk berkecambah dapat pula disebabkan ketidakmasakan embrio yang ditunjukkan oleh perkembangan embrio yang tidak secepat jaringan sekelilingnya atau embrio belum berdiferensiasi dan tanpa cadangan makanan. Misalnya, embrio perzik yang matang genjah tidak cukup dewasa untuk berkecambah. Demikian pula pada perkecambahan benih anggrek biasanya dilakukan pada media buatan. Benih tersebut berukuran mikroskopik terdiri dari embrio tunggal yang belum berdiferensiasi dan tanpa cadangan pangan. **Pemecahan dormansi seperti** ini dapat dilakukan dengan menggunakan biakan embrio. Salah satu contoh biakan embrio adalah Larutan Tukey dengan komposisi bahan kimia seperti tercantum pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Komposisi larutan Tukey untuk biakan embrio*)

Bahan Kimia	**Jumlah (g/l H_2O)**
KCl	7,5
$CaSO_4$	1,9
$MgSO_4$	1,9
$Ca_3(PO_4)_2$	1,9
$Fe_3(PO_4)_2$	1,9
KNO_3	1,5

*) Diambil dari Sri Setyati Sri Setyati Harjadi (1979)

After ripening merupakan suatu jangka waktu simpan tertentu yang diperlukan benih sebelum dapat berkecambah, Benih dari kelompok ini selalu gagal berkecambah, walaupun benih tersebut sudah terbentuk embrio secara sempurna

dan kondisi lingkungan memenuhi syarat untuk berlangsungnya perkecambahan, kecuali mengalami periode simpan. Dasar fisiologi dari dormansi tipe ini tidaklah jelas, tetapi rupanya tergantung pada waktu untuk berkurangnya inhibitor. Perlakuan yang diberikan pada benih yang memerlukan after ripening ini berupa stratifikasi, baik stratifikasi dingin ataupun stratifikasi hangat. Staratifikasi dingin merupakan pemberian perlakuan suhu rendah dan kelembaban tinggi. Benih apel yang diberi perlakuan stratifikasi pada suhu 4^0C selama lebih dari 2 bulan akan meningkatkan persentase perkecambahannya. Pada stratifikasi hangat benih disimpan lembab di atas 7^0C. Stratifikasi hangat merangsang perkecambahan pada beberapa species sebagai akibat dekomposisi mikrobiologi pada selaput benih. Namun, suhu tinggi jarang digunakan untuk memecahkan dormansi benih, kecuali baru pada kelapa sawit. Biasanya suhu tinggi malah meningkatkan dormansi daripada memperbaiki perkecambahan. Sebagai contoh adalah benih selada yang meningkat perkecambahannya pada suhu rendah, sedangkan pada suhu 30^0 atau 35^0 C tidak.

Dormansi Ganda. Dormansi ganda merupakan dormansi yang dialami benih, baik disebabkan fisik maupun fisiologis. Perlakuan yang diberikan pada benih demikian juga merupakan gabungan, baik skarifikasi maupun stratifikasi. Contoh benih yang memiliki dormansi ganda adalah viburnum.

4.1.4. Penyimpanan Benih

Benih merupakan bahan hidup yang mampu bertahan dalam keadaan yang sedikit banyak terkekang secara metabolik. Maksud penyimpanan benih adalah agar benih dapat ditanam pada musim tanam tahun berikutnya, atau pada musim berbeda dalam tahun yang sama. Untuk maksud ini benih disimpan dari hanya beberapa hari, semusim, setahun atau bahkan beberapa puluh tahun bila ditujukan untuk pelestarian jenis. **Selama penyimpanan diharapkan viabilitas benih maksimum dapat dipertahankan. Untuk mencapai maksud tersebut perlu diperhatikan beberapa faktor, seperti kandungan air benih dan lingkungan penyimpanan (kelembaban, suhu, dan kandungan oksigen).**

Kandungan air benih sangat menentukan viabilitas kebanyakan benih. Semakin tinggi kandungan air benih semakin tidak tahan benih tersebut disimpan lama. Biasanya saat panen kandungan air benih berkisar 16–20 %. Karena itu, untuk

dapat mempertahankan viabilitas maksimum, benih perlu dikeringkan untuk menurunkan kandungan airnya sampai batas tertentu, tergantung speciesnya. **Untuk padi biasanya diturunkan hingga kandungan air mencapai 14 %, namun untuk kedelai seperti dilaporkan Schwass (1973) dalam Lita Sutopo (1993), harus lebih kecil dari 11%. Benih kedelai dengan kandungan air 14 % tidak tahan disimpan lebih lama dari 3 bulan pada suhu udara 30^0 C, tetapi bila kandungan airnya diturunkan samapi 9 % pada kondisi yang sama maka benih kedele tersebut mempertahankan viabilitasnya.** Namun terdapat pengecualian, seperti yang terjadi pada benih sugar maple dan species citrus lainnya yang akan kehilangan viabilitas, bila dikeringkan.

Dalam kaitan pengeringan benih, maka benih dapat dikelompokkan atas 2 kelompok, yaitu ortodoks atau rekalsitran. Ortodoks adalah sifat benih yang tidak mati apabila dikeringkan atau disimpan dalam kondisi dingin dengan kadar air yang rendah, **sedangkan rekalsitran** sifat benih menjadi mati apabila kadar airnya diturunkan atau dikeringkan, atau disimpan dalam kondisi sangat dingin (Sjadjad, 1993).

Selama masa penyimpanan perlu untuk menghindari kondisi favorable untuk respirasi dan kegiatan ensimatik umum agar viabilitas maksimum dapat dipertahankan. **Karena itu pengendalian terhadap kondisi lingkungan simpan seperti kelembaban, suhu, dan ketersediaan oksigen perlu dilakukan.**

Suhu merupakan faktor lingkungan berikutnya yang mempengaruhi viabilitas benih. Suhu yang terlalu tinggi pada saat penyimpanan dapat mengakibatkan kerusakan benih. Hal ini disebabkan besarnya penguapan yang dialami benih, sehingga benih akan kehilangan daya imbibisi dan kemampuan untuk berkecambah. Selain itu protoplasma dari embrio dapat mati akibat keringnya sebagian atau seluruh benih.

Suhu optimum untuk penyimpanan benih jangka panjang berada pada kisaran -18^{0}C sampai 0^{0}C. Terdapat hubungan terbalik antara suhu dan kandungan air benih. Artinya adalah bila kandungan air tinggi, maka suhu harus rendah untuk menjamin viabilitas benih, demikian pula sebaliknya. Kisaran suhu 0^{0}C sampai 12^{0}C dan kelembaban relatif 50–60% bagi kebanyakan benih merupakan kondisi yang cukup untuk mempertahankan viabilitas penuh sedikitnya setahun.

Viabilitas benih saat penyimpanan ditentukan pula oleh keadaan atmosfir tempat simpan. Unsur atmosfir yang berpengaruh adalah kandungan oksigen dan

karbondioksida. Kedua unsur ini memegang peran dalam mengendalikan respirasi benih. Mengurangi kandungan oksigen dan menaikkan kandungan karbondioksida akan mengurangi respirasi.

4.1.5. Benih Bersertifikat

Benih akan terjamin kualitasnya, bila benih tersebut telah mengalami sertifikasi. Benih bersertifikat adalah benih dari suatu varietas yang telah diketahui (telah dilepas) dan diproduksi dengan sistem pengawasan serta standar sertifikasi benih, baik standar lapangan maupun laboratorium yang ketat dalam mempertahankan kemurnian varietas tersebut.

Benih bersertifikat diberi label yang warnanya sesuai dengan klas benih bersangkutan (Wirawan dan Sri Wahyuni, 2002), seperti berikut ini :

a. Benih penjenis (*Breeder seed*, BS)

   Benih penjenis diproduksi dan diawasi oleh pemulia tanaman dan atau oleh instansi yang menanganinya (Lembaga Penelitian atau Perguruan Tinggi). Benih ini sebagai sumber untuk perbanyakan benih dasar. Khusus untuk benih penjenis tidak dilakukan sertifikasi, tetapi diberi label berwarna putih.

b. **Benih dasar (*foundation seed,* FS)**

   Benih dasar merupakan turunan pertama (F1) dari benih penjenis. Benih ini diproduksi dan diawasi secara ketat oleh pemulia tanaman sehingga kemurnian varietasnya dapat dipertahankan. Benih dasar diproduksi terutama oleh Balai benih Induk dan proses produksinya diawasi dan disertifikasi oleh Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih (BPSB). Benih dasar diberi label sertifikasi berwarna putih.

c. **Benih pokok (*stock seed,* SS)**

   Benih pokok merupakan F1 dari benih dasar atau F2 dari benih penjenis. Produksi benih pokok tetap mempertahankan identitas dan kemurnian varietas serta memenuhi standar peraturan perbenihan maupun sertifikasi oleh BPSB. Benih pokok diproduksi oleh Balai Benih atau pihak swasta yang terdaftar dan diberi label sertifikasi berwarna ungu.

d. **Benih sebar (*extension seed,* ES)**

Benih sebar merupakan F1 benih pokok. Produksinya tetap mempertahankan identitas maupun kemurnian varietas dan memenuhi standar peraturan perbenihan maupun sertifikasi oleh BPSB. Benih pokok dan benih sebar umumnya diperbanyak oleh Balai Benih atau penangkar benih dengan mendapatkan bimbingan, pengawasan, dan sertifikasi dari BPSB. Benih sebar diberi label sertifikasi berwarna biru.

Untuk benih palawija, selain benih sebar berlabel biru juga terdapat benih sebar berlabel hijau yang merupakan keturunan dari benih sebar berlabel biru. Produksinya tetap mempertahankan identitas dan tingkat kemurnian varietas.

Disamping warna-warna label sertifikasi di atas terdapat pula benih berlabel merah jambu. Pengadaan benih berlabel merah jambu ini tidak melalui proses sertifikasi, tetapi tetap memenuhi standar laboratoriun untuk pelabelan.

4.2. Perbanyakan Vegetatif

Perbanyakan secara vegetatif dapat dibagi menjadi beberapa cara (Rini Wudianto, 1995):

1. **Cangkok (*Air layerage*);**
2. **Merunduk (*Ground layerage*)**
3. **Stek**
4. **Penyambungan (*Grafting*)**
5. **Okulasi (*Budding)***

4.2.1. Cangkok

Perbanyakan dengan cara mencangkok memiliki beberapa keuntungan dan kekurangan. Keuntungan yang diperoleh yaitu: a. tanaman yang dihasilkan memiliki sifat yang sama dengan induknya, sehingga apabila induk tanaman tersebut memiliki buah lebat dan enak rasanya, maka tanaman hasil cangkokan akan menghasilkan buah lebat dan enak rasanya; b. Tanaman dari cangkok cepat berbuah (± 4 tahun); c. Waktu yang diperlukan untuk relatif singkat yaitu 1-3 bulan. Sedangkan kekurangannya: a. tidak dapat dilakukan secara besar-besaran; b. Bibit cangkok sulit bertahan hidup

pada daerah yang memiliki ke dalam air tanah dalam, karena perakaran tanaman dari cangkok dangkal.

Adapun tahapan dalam mencangkok antara lain:

a. Menentukan Pohon Induk.

Pohon induk yang akan dicangkok harus memenuhi beberapa persyaratan antara lain:

- Pohon induk sudah cukup tua.
- Pohon induk telah berbunga bagi tanaman hias, dan berbuah bagi tanaman buah-buahan.
- Penampilan pohon induk tegar, kuat dan sehat, bebas hama penyakit.
- Pohon induk harus bercabang banyak.

b. Memilih cabang

- Besar cabang yang baik sebesar jari kelingking.
- Bentuk cabang tegap dan mulus.
- Cabang berwarna coklat muda, agar lebih mudah membentuk kalus dan akar.
- Panjang cangkokan berkisar antara 20-30 cm.
- Jumlah daun pada cabang harus banyak jumlahnya.
- Arah cabang ke atas atau ke samping dan rajin berbuah.

Setelah pohon induk dan cabang terpenuhi, maka tahap selanjutnya adalah pembuatan sayatan, pembersihan kambium, pengeringan bekas sayatan, pemberian zat perangsang tumbuh (ZPT), pemberian media dan pembalut media.

c. Menyayat cangkok

Penyayatan kulit cabang berdasarkan diameternya dibagi menjadi dua yaitu penyayatan kulit pada cabang besar (berdiameter di atas 2 cm) dan cabang kecil (berdiameter kurang dari 2 cm)

Pada cabang besar, penyayatan pada bagian atas dibuat sayatan bergerigi melingkari cabang, selanjutnya pada jarak sekitar 5-7 cm dibawahnya dibuat keratan lurus melingkari batang. Hubungkan kedua keratan tersebut dengan keratan membujur. Dari keratan melintang inilah kulit kayu mulai disayat dengan pisau.

Pada cabang kecil penyayatan sama seperti di atas, akan tetapi bedanya sayatan bagian atas berbentuk garis lurus melingkar cabang.

Setelah cabang disayat kulitnya, maka tahap selanjutnya adalah pembersihan kambium. Tujuannya agar pertumbuhan akar tidak terganggu.

Untuk menghilangkan kambium dapat dilakukan beberapa dengan cara mengerik kambium dengan pisau secara perlahan-lahan atau menggosok kambium dengan kain atau kertas bersih.

Sayatan yang telah dikerik kambiumnya, tidak dapat langsung diberikan media, melainkan harus dikeringkan. Waktu pengeringan berbeda setiap jenis tanaman. Bagi tanaman yang tidak bergetah, waktu pengeringan 2-4 hari, sedangkan tanaman yang bergetah akan memakan waktu 2-3 minggu. Contoh tanaman yang bergetah adalah nangka dan sawo.

Sebelum memberikan media terlebih dahulu pada irisan atas diberi ZPT. ZPT tersebut ada yang berbentuk larutan dan ada yang berbentuk tepung. ZPT yang berbentuk tepung dapat diberikan setelah dibuat pasta terlebih dahulu, seperti Rooton F, sedangkan yang berbentuk cair dapat diberikan pada media cangkok..

Selain ZPT, pada media cangkok diberikan juga pupuk, baik NPK, maupun pupuk daun. Pupuk NPK dapat diberikan setelah dilakukan pengenceran terlebih dahulu, dengan konsentrasi 5%. Demikian juga apabila menggunakan pupuk daun yaitu dengan memberikan 2 cc L^{-1} air

Tahap yang terakhir adalah membungkus sayatan. Pembungkusan media tanah yang dicampur dengan pupuk kandang atau kompos dan media sabut kelapa memerlukan teknik tertentu. Pertama ikat dulu bagian bawah lembaran pembalut 6 cm di bawah sayatan. Lalu media yang telah dibasahi itu diisikan ke dalam pembalut, kemudian dirapikan dan pembalut diikat di bagian atasnya.

Besar atau diameter pembungkus disesuaikan dengan diameter cabang dan panjang cabang yang dicangkok. Perbandingan antara panjang cabang dan diameter pembungkus adalah 5:1. Jadi, bila panjang cangkokan 30 cm, maka diameter pembungkusnya 5 cm.

d. Pemeliharaan cangkokan

Dalam pemeliharaan cangkokkan yang perlu diperhatikan adalah menjaga kelembababan media cangkok. Ada 3 cara pemeliharaan kelembaban cangkok, yaitu

- Penyuntikan ke dalam media
- Ikatan pembungkus bagian atas sedikit terbuka, sehingga air hujan yang turun melalui ranting dapat masuk ke dalam pembalut cangkokan.
- Bila musim kemarau cara ke dua dapat dimodifikasi dengan meletakkan tabung bambu di bagian atas media cangkok. Bagian dasar bambu dilubangi.

e. Pemotongan cangkok

Jika terlihat akar cangkok sudah tumbuh dalam jumlah cukup banyak, dengan kriteria sudah banyak terlihat muncul diluar media cangkok, maka pemotongan cangkok dapat dilaksanakan.

f. Penyemaian cangkok

Cangkok yang telah dipotong, sebaiknya jangan langsung ditanam di lapangan, karena suhu akan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan bibit di lapangan. Oleh karena itu bibit cangkok perlu dibiarkan beberapa saat untuk beradaptasi dengan lingkungan, dengan cara dimasukkan dalam polybag, kemudian diletakan ditempat teduh dan di rawat.

Media persemaian sebaiknya menggunakan campuran tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 3 : 1. Setelah dirawat selama 3 bulan, dan tanaman sudah menunjukkan pertumbuhan yang baik, tanaman dapat dipindahkan ke lapangan.

4.2. 2. Merunduk (*Ground layerage*)

Merunduk, sering disebut dengan cangkok tanah. Kelebihan jenis cangkok tanah ini adalah tidak memerlukan pembungkus media cangkok, namun demikian tanaman yang akan diperbanyak dengan sistem runduk memiliki cabang yang bersifat lentur, sehingga mudah dirundukkan.

Merunduk adalah melakukan pelengkungan cabang lalu sebagian cabang tersebut dibenamkan ke dalam tanah. Sedangkan ujung-ujung cabang dibiarkan muncul di atas permukaan tanah. Pada bagian cabang yang dibenamkan sebaiknya ada tunasnya. Tunas ini umumnya memiliki kandungan auksin yang tinggi, dengan demikian dapat mempercepat pertumbuhan akar.

Ada beberapa cara untuk memperbanyak tanaman dengan merunduk:

a. *Tip layerage*, Caranya adalah dengan membenamkan ke dalam tanah, dengan ke dalaman 2,5–5 cm. Setelah 2–3 bulan tunas baru akan muncul, dan akar-akar akan terbentuk. Sebelum dibenamkan ke dalam tanah, cabang yang akan dibenamkan dilukai terlebih dahulu, agar akar terpacu.

b. *Simple layerage*. Caranya adalah cabang dirunduk, bagian bawah pucuk di lukai, kemudian dibenamkan ke dalam tanah. Pucuk dibiarkan muncul di atas permukaan tanah. Ke dalam tanah 12,5–25 cm. Contoh tanaman mawar pagar, apel.

c. *Continous layerage*, Cabang di lukai, kemudian diletakkan dalam satu saluran, atau parit yang dangkal (5 – 12,5 cm), setelah itu ditimbun tanah. Pucuk cabang dengan beberapa lembar daun dibiarkan muncul di atas permukaan tanah. Bibit yang dihasilkan dalam satu cabang akan semakin banyak.

d. *Serventive/compound layerage*, hampir sama dengan *continous layerage,* hanya bedanya cabang yang ditimbun tanah beberapa bagian saja, dengan carac berselang seling.

4.2.3. Stek

Stek adalah perkembangbiakan vegetatif yang memiliki tingkat kesukaran sedang sampai tinggi. Bagian tanaman yang akan membentuk tanaman baru telah terpisah dengan induknya, sehingga tingkat kegagalan relatif tinggi (tergantung dari jenis tanaman). Untuk itu jenis perbanyakan ini harus dibuat sedemikian rupa sehingga mengurangi terjadinya kegagalan.

Walaupun demikian, perbanyakan dengan stek memiliki kelebihan, yaitu disamping sifat tanaman baru sama dengan induknya, juga bibit yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan cangkok.

Adapun stek yang sering dipraktekan adalah stek akar, batang, daun, tunas dan umbi.

a. Stek akar

Tanaman pohon yang dapat dikembangkan degan stek akar antara lain sukun,jeruk keprok, cemara, jambu air.

Cara memperoleh bahan stek akar:

- Pada tanaman yang besar, seperti semak dan pohon, tanah digali sampai akar tampak, ambil akar yang diperlukan, lalu lubang ditutup kembali dengan tanah.
- Pada tanaman yang lebih kecil, cabut tanaman kemudian ambil beberapa akar yang diperlukan, kemudian tanaman ditanam kembali.

  Setelah akar diperoleh, maka langkah selanjutnya yaitu memotong akar sepanjang 5 cm dengan pisau yang tajam dan bersih.

  Potongan akar disemaikan dikotak persemaian yang telah disediakan, dengan memperhatikan, akar yang gemuk ditanam vertikal, sedangkan akar yang kurus ditanam horizontal.

b. Stek Cabang

Cabang yang distek terdiri dari cabang yang tua dan setengah tua. Pohon buah yang dapat distek cabang tuanya adalah kedondong, jambu air, jambu semarang, jeruk (*Rough lemon, Japansche citroen*), markisa, delima, ceremai, anggur. Stek cabang setengah tua adalah bugenvil, melati, mawar.

- Memilih cabang: Cabang yang dipilih sebagai bahan stek berumur kurang lebih setahun. Cabang yang terlalu tua sangat sulit membentuk akar, sehingga memerlukan waktu lama untuk membentuk akar. Sebaliknya cabang yang terlalu muda, proses penguapan sangat cepat sehingga stek menjadi lemah dan akhirnya mati.

  Cabang yang akan dijadikan bahan stek harus sehat. Sebagai sumber bahan tanaman baru, maka kesehatannya perlu diperhatikan. Tanaman sumber yang tidak sehat, berpotensi untuk menularkan penyakit ke tanaman baru yang dihasilkan.

  Cabang yang akan dijadikan bahan stek berasal dari tanaman yang tidak mengalami defisiensi nitrogen. Tanda yang tampak adalah dengan menguningnya daun bagian bawah. Kandungan nitrogen yang kurang dalam jarigan tanaman akan berakibat sulitnya pertumbuhan akar. Oleh karena itu cabang yang kita pilih memiliki daun berwarna hijau.

- Perlakuan ekstra

  Mengingat resiko yang ditimbulkan karena bahan stek terpisah dengan tanaman induk, maka perlu persiapan lebih baik, antara lain dengan adanya perlakuan tambahan, disamping dengan persyaratan yang dilakukan sebelumnya.

Adapun perlakuan ekstra tersebut antara lain:

- Melukai Cabang

Sebelum melakukan pemotongan stek, sekitar 1–3 bulan, dibuat keratan melingkar dan membuang kulitnya. Letak keratan, 30–40 cm di bawah ujung stek, lebar keratan 1–2,5 cm. Beberapa bulan kemudian di sekitar keratan terjadi benjolan, bahkan pada tanaman tertentu akan tumbuh akar (misalnya puring, jambu air).

- Mengetiolasi cabang

Cara mengetiolasi cabang adalah dengan membungkus/ membalut cabang. Pembalut harus berwatna hitam, sehingga cahaya matahari yang menerpa cabang tersebut akan dipantulkan. Dengan demikian klorofil akan hilang dan zat tumbuh akan terkumpul. Pembalut yang digunakan dapat berupa plastik hitam.

- Pengambilan Stek.

Pemotongan stek, panjangnya bervariasi antara jenis yang satu dengan jenis lainnya, umumnya berkisar antara 10 cm – 30 cm. Stek mangga panjangnya sekitar 10 cm – 20 cm, sedangkan tanaman lainnya berkisar antara 20 cm – 30 cm.

Selain kreteria panjang stek, dapat pula dilakukan dengan melihat jumlah mata tunas. Setiap stek memiliki jumlah mata tunas berkisar antara 3–5 buah.

Bentuk pangkal stek dapat dibuat bervariasi. Pemotongan stek miring lebih banyak kemungkinan tumbuh akar dari pada pemotongan datar. Hal ini disebabkan pada pemotongan pangkal stek miring permukaannya lebih luas dibandingkan dengan pemotongan pangkal stek datar.

Pemotongan stek yang baik adalah saat kelembaban tinggi. Sebagai contoh pada musim hujan. Selain itu pemotongan sebaiknya dilakukan di dalam air, tujuannya agar jaringan pembuluh stek langsung terisi air.

- Menyemaikan stek.

Menyemaikan stek dapat dilakukan dalam wadah atau langsung di bedengan. Cara yang pertama cocok dilakukan dalam jumlah sedikit, sebaliknya bila jumlah stek banyak maka lebih efisien bila dilakukan di bedengan. Adapun langkah yang dilakukan dalam penyemaian adalah :

- Menyiapkan wadah.

Wadah yang digunakan dapat terbuat dari kotak kayu, pot, keranjang atau kantung plastik. Kotak kayu yang digunakan lebarnya 60 cm dan tingginya berkisar dari 20 cm–60 cm, sedangkan panjangnya tidak ditentukan. Ketinggian kotak dengan penutup kaca dianjurkan 60 cm, jika penutup plastik, maka tinggi kotak dianjurkan 20 cm–25 cm.

- Menyiapkan bedengan

Bedengan dibuat dengan arah Utara-Selatan, sehingga diharapkan semua stek mendapat sinar matahari pagi. Untuk melindungi stek dari sengatan matahari siang dan sore maka di atas bedengan dibuat naungan. Tiang naungan di sebelah Barat lebih rendah dari sebelah Timur. Saluran air perlu dibuat agar kelebihan dan kekurangan air dapat segera di atasi.

Lebar bedengan 120 cm dan panjangnya 10 m atau lebih. Bedengan dicangkul dengan kedalaman 20 cm – 25 cm, kemudian ditaburi pasir secukupnya dan diaduk. Jumlah pasir yang diberikan sama dengan jumlah tanah yang dicangkul. Tanah yang telah dicampur, kemudian diberi Furadan 3 G, dengan dosis 50 gr m^{-2}. Setelah itu bedengan ditutup dengan plastik selama dua hari.

- Menumbuhkan akar stek

Untuk memudahkan tumbuh akar, pangkal stek diberi zat perangsang tumbuh (ZPT). ZPT yang berbentuk serbuk dilarutkan dulu dalam alkohol 95%, kemudian diencerkan, AIA konsentrasi 500–1000 ppm, ANA 5000 ppm, dan AIB 5000–10.000 ppm. AIA 500 ppm, 5 gr AIA dilarutkan dalam 10 liter air (AIA = Asam Indol acetat; ANA = Asam Naftalen Acetat; AIB = Asam Indol Butirat). Pangkal stek direndam dalam larutan yang telah disediakan, setelah itu dapat dibungkus dengan tanah lempung, kemudian meletakkan stek ke wadah atau bedengan, dengan jarak tanam 10 cm x 5 cm.

Media stek harus selalu dijaga kelembabannya dengan cara menyungkup dan menyirami media. Kelembaban yang terjaga mengurangi terjadinya transpirasi tanaman, sehingga membuat stek dapat bertahan lama.

Setelah stek tumbuh perakaran dalam jumlah banyak, maka stek dapat dipindahkan ke polybag, atau langsung ke lokasi penanaman.

4.2.4. Penyambungan (*Grafting*)

Penyambungan adalah menggabungkan batang bawah dengan batang atas tanaman sedemikian rupa sehingga terjadi persenyawaan. Penyambungan merupakan campuran dari generatif dan vegetatif dengan tujuan agar bibit yang dihasilkan lebih unggul dari tanaman asalnya. Secara rinci dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Mengekalkan sifat-sifat klon yang tidak dilakukan oleh stek dan cangkok.
b. Bisa memperoleh tanaman yang kuat, karena batang bawahnya tahan terhadap kondisi tanah yang kurang menguntungkan.
c. Memperbaiki jenis yang telah tumbuh, sesuai yang dikehendaki.
d. Dapat mempercepat berbuahnya tanaman.
e. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka perlu persyaratan batang bawah dan batang atas.

Syarat batang bawah antara lain: a. **Memiliki daya adaptasi seluas mungkin**. Artinya, tanaman itu kompatibel dengan berbagai varietas, bahkan bila perlu juga kompatibel dengan beberapa jenis dalam satu genus; **b. Memiliki perakaran yang kuat dan tahan terhadap serangan hama dan penyakit yang ada di dalam tanah; c. Kecepatan tumbuhnya** sesuai dengan batang atas; **d. Tidak mempengaruhi batang atas;** dan **e. Memiliki batang yang kuat.**

Syarat batang atas adalah : a. Cabang dari pohon yang kuat; b. Bentuk cabang lurus, diameternya disesuaikan dengan batang bawah; c. Cabang yang berasal dari pohon induk yang benar-benar dikehendaki; dan d. Dapat menyesuaikan diri dengan batang bawah, sehingga sambungannya kompatibel.

Dalam penyambungan dikenal dua istilah yaitu penyusuan dan sambung pucuk.

Penyusuan.

Penyusuan merupakan penyambungan antara tanaman muda dengan cabang pohon induk, tanaman muda dan cabang pohon induk tersebut masih berhubungan erat dengan akar masing-masing. Setelah dua bagian tanaman tersebut mampu menyatu dan tumbuh dengan subur, maka pucuk cabang tanaman muda bisa dipotong di atas sambungan, sedangkan dahan atau ranting pohon induk yang disambungkan dipotong di bawah sambungan, sedangkan pada sambung pucuk, pucuk sebagai batang atas telah terpisah dari induknya.

Sambung pucuk.

Sambung pucuk dilakukan pada tanaman hias, tanaman buah, tanaman perkebunan, seperti asoka, kopi, bugenvil, kembang sepatu, advokat, anggur, belimbing, durian, jambu batu, jambu bol.

Pada sambung pucuk bila dilihat dari cara menyambungnya dikenal 2 cara yaitu sambung baji dan sambung baji terbalik. Adapun cara penyambungan masing-masing jenis tersebut dapat dilihat pada uraian berikut:

Cara sambung baji (*wedge grafiting*):

a. Siapkan calon batang bawah, yang umumnya dari biji

b. Pada ketinggian 10–20 cm dari pangkal leher akar batang bawah dipotong, ujung batang bawah dibelah.

c. Calon batang atas dipotong 2–3 ruas (panjang 7,5–10 cm), kemudian ujungnya pangkalnya diiris menyerupai baji.

d. Pengirisan harus sampai ke bagian kayunya.

e. Masukkan pangkal bagian atas berupa baji ke belahan yang telah dibuat pada batang bawah kemudian diikat dengan tali rapia.

f. Beri sungkup agar kelembaban dapat terjaga.

Cara sambung baji terbalik (*interved wedge grafting*).

Cara ini merupakan kebalikan dari sambung celah. Bila sambung celah disisipi batang atas, maka pada cara *interved wedge grafting* batang atas yang justru disisipi batang bawah. Calon batang bawah diiris pada kedua sisi yang berlawanan, sehingga berbentuk mata baji. Pada saat penyisipan batang,

diusahakan agar sayatan batang kulit dan kayu batang atas bisa tepat mengena pada sayatan kulit dan kayu batang bawah, kemudian diikat dengan tali plastik atau rafia yang tipis dan halus. Calon bibit ini sebaiknya ditaruh di tempat teduh dengan cahaya matahari sekitar 20 –25 % teriknya. Setelah 3 – 5 minggu biasanya kuncup akan mengeluar tunas baru sebagai pertanda sambungan tersebut berhasil

4.2.5. Okulasi

Okulasi memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan stek dan cangkok. **Kelebihannya adalah** memiliki mutu yang lebih baik dari induknya, karena hasil okulasi memiliki perakaran yang baik dan tahan terhadap serangan hama dan penyakit yang berasal dari tanah.

Syarat okulasi untuk batang bawah sama dengan syarat pada penyambungan, sedangkan syarat batang atas, selain persyaratan batang atas pada penyambungan, maka harus dipertimbangkan mata tunas terlihat besar, belum pecah, dan berwarna hijau.

Tahapan okulasi adalah sebagai berikut:

a. Mengiris batang bawah

   Untuk pengirisan batang bawah tergantung dari cara okulasi yang dipilih. Misalnya jenis okulasi bentuk huruf T. Irisan dibuat pada kulit yang halus, pada ketinggian 20 cm dari permukaan tanah, membentuk huruf T

b. Mengambil mata tunas

   Ambil mata tunas seperti yang dikehendaki, kemudian dipotong segitiga. Kemudian letakkan mata tunas ke dalam irisan berbentuk huruf T. Setelah itu tempelan diikat dengan tali rapia, atau dapat juga dengan plastik gula.

c. Setelah dua minggu, terlihat mata tunas masih hijau, maka dilakukan pembukaan ikatan

d. Pemotongan dilakukan pada batang pokok setinggi 10 cm dari mata tunas, apabila pertumbuhan tunas kurang kuat.

e. Batang setinggi 10 cm dari mata tunas dapat dimanfaatkan untuk mengikat tunas yang kurang kuat pertumbuhannya. Setelah pertumbuhan tunas sudah

kuat maka kayu yang berada di atas mata tunas sepanjang 10 cm dipotong, sehingga hanya tinggal 1 cm.

f. Bila tunas kuat, maka pemotongan batang pokok setinggi 1 cm dari mata tunas.

BAB IV. PERBANYAKAN TANAMAN

Tujuan utama perbanyakan tanaman adalah untuk mendapatkan pertambahan jumlah tanaman dan memelihara atau melestarikan sifat-sifat penting tanaman. Untuk mencapai tujuan tersebut perbanyakan dapat dilakukan secara generatif dan atau secara vegetatif. Perbanyakan secara generatif dilakukan dengan menanam biji tanaman terseleksi hingga menghasilkan tanaman baru yang lebih banyak, sedangkan perbanyakan secara vegetatif merupakan perbanyakan yang menggunakan bagian aseksual tanaman seperti batang, daun, ranting, cabang, dan akar untuk mendapatkan tanaman baru. Corak penting dari perbanyakan vegetatif adalah bagian tanaman yang digunakan sebagai bahan perbanyakan tersebut mampu memulihkan dirinya untuk bagian-bagian yang hilang, seperti stek batang memulai pembentukan akar, stek akar memulai kuncup bagian pucuk, dan stek daun memulai baik akar maupun pucuk.

Selain perbanyakan secara generatif atau vegetatif, perbanyakan dapat pula dilakukan dengan menggunakan gabungan kedua cara tersebut. Contoh perbanyakan gabungan adalah perbanyakan tanaman secara okulasi. Batang bawah yang digunakan berasal dari hasil perbanyakan dengan biji (generatif), kemudian batang bawah tersebut ditempeli tunas yang berasal dari tanaman lain untuk membentuk batang atasnya.

Perbanyakan tanaman yang lebih modern dilakukan melalui teknik kultur jaringan (*tissue culture*) di laboratorium. Kultur jaringan termasuk cara perbanyakan tanaman secara vegetatif yang didasarkan pada sifat totipotensi tumbuhan. Pada teknik ini digunakan sel atau jaringan tanaman yang aktif sebagai bahan perbanyakan. Melalui kultur jaringan bisa dihasilkan bibit dalam jumlah banyak dan mewarisi sifat induk.

Perbanyakan tanaman dapat dianggap sebagai suatu seni (*art of propagation*), yang memerlukan praktek dan pengalaman untuk menguasainya, seperti bagaimana cara melakukan okulasi dan penyambungan (*budding dan grafting*), bagaimana membuat stek, atau bagaimana menggunakan prosedur kultur jaringan. Disamping itu perbanyakan tanaman dapat pula dikatakan sebagai suatu ilmu (*science of propagation*), karena untuk keberhasilan perbanyakan diperlukan pengetahuan pertumbuhan tanaman, perkembangan, dan morfologi.

Uraian berikut berkaitan dengan beberapa hal yang berhubungan dengan perbanyakan tanaman baik secara generatif maupun vegetatif dalam upaya meningkatkan jumlah tanaman yang diperlukan.

4.1. Perbanyakan Generatif

Perbanyakan tanaman secara generatif merupakan salah satu teknik yang digunakan dalam pembiakan tanaman, Melalui perbanyakan generatif, biji yang telah memenuhi syarat ditanam hingga menghasilkan tanaman baru yang lebih banyak. Biji yang ditanam tersebut merupakan organ tanaman yang terbentuk dalam buah sebagai hasil dari pendewasaan bakal biji yang dibuahi. Keuntungan pembiakan generatif diantaranya adalah biaya yang dikeluarkan relatif murah, penyimpanan dalam waktu lama memuaskan, daya hidupnya tetap tinggi bila disimpan dalam lingkungan yang menghindari kondisi *favorable* untuk respirasi dan kegiatan enzimatik, serta memungkinkan untuk memulai tanaman yang bebas penyakit, khususnya penyakit tertular biji (*seedborne*). Meskipun demikian terdapat pula kelemahan pembiakan generatif, seperti adanya segregasi sifat untuk tanaman-tanaman heterozigot, sehingga dihasilkan beberapa tanaman keturunan yang sifatnya tidak sama dengan induknya.

4. 1.1. Pengertian Biji, Benih, dan Bibit

Dalam kegiatan budidaya tanaman istilah biji, benih, dan bibit mempunyai pengertian berbeda. Istilah biji digunakan untuk menyebut bagian tanaman yang berfungsi sebagai unit penyebaran (*dispersal unit*) perbanyakan tanaman secara alamiah. Biji tersebut dapat tumbuh menjadi tanaman tanpa campur tangan manusia, misalnya terbawa angin atau tersebar dengan perantaraan binatang.

Dalam pandangan lain dapat pula dikatakan bahwa biji merupakan produk agronomi yang akan dikonsumsi sebagai bahan pangan atau bahan industri, bukan untuk tujuan perbanyakan.

Benih diartikan sebagai sebagai biji tanaman yang telah mengalami perlakuan dan akan digunakan untuk tujuan perbanyakan tanaman. Menurut Sadjad (1993) biji tumbuhan kalau dipelihara dan ditangani untuk tujuan budidaya dikatakan biji itu berfungsi sebagai benih. Contoh durian yang dilempar ke tempat sampah dan tumbuh menjadi tumbuhan durian bukanlah benih. Tetapi kalau biji durian tersebut memang

sengaja ditanam tanpa dipelihara sekalipun, akhirnya menjadi tanaman durian, biji yang ditanam itu adalah benih durian.

Bibit (tanaman) adalah tanaman muda yang sudah tumbuh di persemaian dan siap dipindah ke lokasi penanaman. Contoh benih padi sawah sebelum ditanam di sawah dilakukan penyemaian, setelah tanaman berumur 21 hari di persemaian dapat dipindah dan ditanam di sawah.

4.1.2. Benih

Faktor benih perlu mendapat perhatian utama dalam kegiatan budidaya tanaman. Benih termasuk faktor penentu keberhasilan pembudidayaan tanaman. Penggunaan benih bermutu tinggi akan dapat mengurangi resiko kegagalan budidaya. Menurut Kuswanto (1997) benih bermutu mempunyai pengertian bahwa benih tersebut varietasnya benar dan murni, mempunyai mutu genetis, mutu fisiologis dan mutu fisik yang tertinggi sesuai dengan mutu standar pada klasnya.

a. Mutu Fisik

Mutu fisik merupakan penilaian terhadap kondisi fisik benih. Benih bermutu fisik tinggi adalah benih yang bersih tidak hanya dari campuran kotoran fisik seperti pasir, tanah, tangkai atau daun kering, tetapi juga bersih dari campuran benih-benih mati atau benih abnormal fisik, benih kosong/hampa, atau dari bagian benih seperti kulit, endosperm, ataupun pecahan kotiledon. Disamping itu, benih tersebut menunjukkan keseragaman bentuk, ukuran, warna dan berat per jumlah atau volume.

b. Mutu Fisiologis

Mutu fisiologis benih adalah mutu benih yang berkaitan dengan kemampuan benih untuk bisa hidup normal dalam kisaran keadaan alam yang cukup luas, mampu tumbuh cepat dan merata. Benih bermutu fisiologi tinggi, walaupun disimpan dalam keadaan sub optimum, akan tetap menghasilkan pertumbuhan tanaman yang berproduksi normal bila ditanam sesudah disimpan.

c. Mutu Genetik

Mutu genetik mencerminkan hal yang berkaitan dengan kebenaran varietas benih, baik secara fenotif (fisik) maupun genetiknya. Benih bermutu genetik tinggi akan memperlihatkan penampilan pertanaman di lapang seragam. Keseragaman tersebut mencerminkan kemurnian benih yang ditanam. Menurut Sadjad (1993) beberapa

keuntungan akan diperoleh dari pertanaman yang homogen (*homogenous stand*) seperti pupuk dengan dosis tertentu dapat diserap merata oleh setiap individu tanaman, panenan dapat dilakukan serentak, letak buah pada tanaman sama, sehingga kalau panenan dilakukan dengan mesin tidak banyak yang tertinggal. Adanya campuran gulma di lapang dinilai oleh Sadjad (1993) sebagai rendahnya mutu genetik benih yang ditanam. Hal ini disebabkan stamina tanaman tidak homogen, sehingga memungkinkan pertumbuhan gulma merajalela.

Secara praktis ada lima kriteria yang dapat digunakan untuk menilai bermutu tidaknya benih ditinjau dari penampakannya, yaitu:

- Benih bersih dan bebas dari kotoran, seperti kerikil dan biji-biji lain.
- Benih tidak tercampur dengan benih lain (murni).
- Benih berwarna terang dan tidak kusam.
- Benih mulus, tidak memiliki bercak, dan kulit tidak terkelupas.
- Sehat, bernas, tidak keriput, ukuran normal dan seragam.

4.1.3. Perkecambahan Benih

Perkecambahan benih merupakan fase awal dari siklus hidup tanaman. Munculnya radikula dan plumula pada benih mencirikan benih sedang berkecambah. Perkecambahan benih ditentukan; a. viabilitas benih; b. kondisi lingkungan yang sesuai; dan c. pada beberapa tanaman yang mengalami dormansi tergantung pada upaya pemecahan dormansi.

a. Viabilitas benih

Viabilitas benih merupakan daya hidup benih yang ditunjukkan oleh pertumbuhan benih atau gejala metabolismenya. Pertumbuhan benih sebagai ciri benih yang memiliki viabilitas menunjukkan pada persentase benih yang akan menyelesaikan perkecambahan, kecepatan perkecambahan, dan vigor akhir dari kecambah-kecambah yang baru kecambah. Paling nyata dari pengukuran viabilitas adalah hasil pengujian dari benih suatu species yang menghasilkan kecambah normal pada kondisi perkecambahan normal. Namun demikian, karena pengukuran ini umumnya dilakukan di laboratorium pada kondisi optimum padahal kondisi lapang yang sebenarnya kebanyakan berada pada kondisi sub optimum, maka dapat mengakibatkan turunnya persentase perkecambahan serta lemahnya pertumbuhan

selanjutnya. Secara ideal semua benih harus memiliki kekuatan tumbuh yang tinggi, sehingga bila ditanam pada kondisi lapangan yang beraneka ragam akan tetap tumbuh sehat dan kuat serta berproduksi tinggi dengan kualitas baik. Keadaan ini mencerminkan bahwa suatu benih yang ditanam disamping diperlukan memiliki viabilitas yang tinggi diperlukan pula vigor yang tinggi.

Uji perkecambahan dapat dilakukan pada berbagai macam media, diantaranya adalah di atas kertas pengisap yang dibasahi pada kondisi lingkungan yang dikendalikan secara ketat. Waktu yang diperlukan untuk pengujian berbeda-beda menurut kecepatan berbagai species berkecambah. Umumnya pengamatan dilakukan pada hari ketiga dan kelima sesudah pengecambahan. Benih yang sudah tumbuh normal sesuai dengan ukuran yang sudah dibakukan diambil dan dihitung. Jumlah kecambah normal dihitung dalam persen terhadap semua benih yang dikecambahkan dan menjadi gambaran persentase tanaman yang mampu tumbuh secara normal di lapangan pada kondisi optimum.

Untuk pengukuran vigor benih dilakukan pada media yang tidak optimum. Misalnya saja, bila ingin mengetahui vigor benih terhadap kekeringan, maka benih dapat ditanam pada media bata merah, atau pada media yang memiliki tekanan osmosis tinggi. Substrat kertas merang yang dicelup ke dalam larutan garam NaCl dapat digunakan untuk menciptakan tekanan osmosis yang tinggi. Selama kondisi larutan garam tidak memberikan efek peracunan, maka substrat dapat mengindikasikan vigor benih terhadap kekeringan. Pada kondisi media kering tersebut, benih memerlukan energi yang lebih tinggi untuk menyerap air. Hanya benih yang vigor saja yang mampu menyerap air dan tumbuh dengan normal. Perhitungan nilai vigor benih secara absolut dilakukan dengan menghitung berapa % kecambah yang tumbuh normal pada kondisi kekeringan tersebut.

b. Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap perkecambahan benih adalah air, suhu, oksigen, dan cahaya.

Air. Air merupakan syarat pertama yang harus dipenuhi untuk dapat dimulainya proses perkecambahan benih. Terdapat dua faktor yang mempengaruhi penyerapan air oleh benih yaitu sifat dari kulit pelindung benih dan jumlah air tersedia pada media perkecambahan. Benih berkulit keras akan mengalami kesulitan menyerap

air, sedang jumlah air yang diperlukan tergantung species benih. Secara umum benih tanaman mempunyai kemampuan berkecambah pada kisaran air tanah tersedia mulai dari kapasitas lapang sampai titik layu permanen. Yang dimaksud dengan kapasitas lapang dari tanah adalah jumlah air maksimum yang tertinggal sehabis air permukaan dikuras dan sehabis air yang keluar dari tanah akibat gaya berat. Sedangkan titik layu permanen adalah keadaan kandungan air tanah yang menyebabkan kelayuan pada tanaman yang tak dapat balik.

Sri Setyati Harjadi (1979) membagi benih atas 5 kelompok berdasarkan keadaan kandungan air tanah yang diperlukan untuk dapat berkecambah, yaitu :

- Benih yang akan berkecambah sama baiknya dekat titik layu permanen atau dengan kandungan air lebih besar. Contoh benih kelompok ini adalah kubis, jagung, „*muskmelon*", cabai, lobak, „*squash'* turnip, dan semangka.
- Benih yang memerlukan kandungan air tanah sedikitnya 20 % di atas titik layu permanen, seperti buncis, wortel, ketimun, bawang bombai, spinasi, tomat.
- Benih yang memerlukan kandungan air tanah sedikitnya 33 % di atas titik layu permanen. Yang termasuk kelompok ini adalah benih „lima bean, dan kapri.
- Benih yang memerlukan kandungan air tanah kira-kira 50 % di atas titik layu permanen. Contoh bit, dan slada.
- Benih yang memerlukan kandungan air tanah dekat kapasitas lapang, seperti seledri.

Untuk kebanyakan benih, kondisi lewat basah sangat merugikan, karena menghambat aerasi dan menciptakan kondisi yang menguntungkan bagi berkembangnya penyakit.

Suhu. Suhu merupakan faktor kedua yang mempengaruhi perkecambahan benih. Pengaruh suhu pada perkecambahan juga beragam tergantung species dan sedikit berhubungan dengan syarat suhu untuk pertumbuhan optimum dari tanaman dewasa. Berdasarkan kebutuhan suhu, tanaman dapat dikelompokkan atas 3 kelompok (Lita Lita Sutopo, 1993), yaitu :

- Tanaman yang benihnya hanya akan berkecambah pada suhu yang relatif rendah. Contoh Benih *Lewisia rediviva* hanya berkecambah pada suhu di

bawah 50^0 F (10^0 C), sedangkan *Camassia leichlini* memerlukan suhu di bawah 41^0 F (5^0 C).

- Tanaman yang benihnya hanya akan berkecambah pada suhu relatif tinggi. Benih dari kebanyakan tanaman tropika membutuhkan suhu tinggi untuk perkecambahannya.
- Tanaman yang mampu berkecambah pada kisaran temperatur dari rendah sampai tinggi.

Benih yang sama akan menghasilkan perbedaan jumlah perkecambahan, bila mendapatkan suhu yang berbeda. Pada beberapa benih terdapat suhu minimum perkecambahan, yaitu jika suhu diturunkan dari suhu minimum tersebut maka benih akan gagal untuk berkecambah, atau terjadi kerusakan "chilling" yang mengakibatkan terbentuknya kecambah abnormal. Sedangkan suhu maksimum merupakan suhu tertinggi dapat terjadinya perkecambahan. Di atas suhu maksimum akan terjadi kerusakan benih dan jaringan kecambah tanaman. Suhu yang paling menguntungkan bagi perkecambahan adalah suhu optimum. Pada suhu optimum akan diperoleh prosentase perkecambahan tertinggi.

Oksigen. Benih memerlukan energi dalam proses perkecambahannya. Energi tersebut dipenuhi dari oksidasi cadangan makanan yang ada di dalam benih. Proses perombakan cadangan makanan tersebut secara khusus dikenal dengan respirasi.

Respirasi benih akan berlangsung terus selama benih tersebut masih hidup. Kebutuhan oksigen saat perkecambahan akan meningkat sejalan dengan meningkatnya respirasi. Terbatasnya ketersediaan oksigen yang diperlukan respirasi akan mengakibatkan terhambatnya proses perkecambahan benih. Pada penggunaan drainase yang baik dan pengolahan bedengan pesemaian yang baik akan merangsang perkecambahan benih, sebagai akibat aerasi yang baik. Untuk species tanaman pencinta air, seperti padi mempunyai kemampuan untuk melakukan perkecambahan, walaupun keadaan oksigen kurang.

Cahaya. Pengaruh cahaya terhadap perkecambahan benih tergantung jenis tanamannya. Adriance dan Brison (1955) dalam Lita Sutopo (1993) membagi benih atas 4 golongan berdasarkan kebutuhan cahaya, yaitu :

- Benih yang memerlukan cahaya secara mutlak untuk perkecambahannya, seperti misletoe (*Viscum album*), fig *(Ficus anrea*).
- Benih yang memerlukan cahaya untuk memepercepat perkecambahannya. Contoh: selada (*Lactuca sativa*), tembakau *Nicotiana tabacum*).
- Benih yang dapat terhambat perkecambahannya, bila ada cahaya. Misal *Allium* sp., *Amaranthus* sp., Phlox sp.
- Benih yang dapat berkecambah sama baiknya di tempat gelap ataupun ada cahaya. Contoh: kubis (*Brassica oleracea* L), kacang-kacangan (legumes).

c. Dormansi benih

Dormansi benih merupakan kondisi benih yang tidak mampu berkecambah meski kondisi lingkungannya optimum untuk perkecambahan. Oleh karena itu untuk dapat terlaksananya perkecambahan harus dipecahkan dulu dormansinya. Namun masalah yang mungkin cukup besar adalah membedakan benih yang tidak mampu berkecambah disebabkan oleh keadaan benih tersebut dorman ataukah memang tidak hidup (*nonviable*). Suatu uji cepat dapat dilakukan untuk mendeteksi viabilitas benih dengan menggunakan bahan kimia tetrazolium (2,3,5–triphenyl tetrazolium chloride). Dalam uji ini sel-sel hidup akan berwarna merah, sedangkan sel-sel mati tidak. Menurut Sadjad (1993) terjadinya warna merah pada sel-sel hidup tersebut disebabkan adanya endapan formazan dari hasil reaksi antara ion-ion H^+ yang dilepaskan sel-sel hidup dengan tetrazolium, sedangkan sel-sel mati tidak melakukan metabolisme pembebasan ion H^+, sehingga tidak akan memberikan warna merah.

Pada benih hidup (*viable*), namun tidak juga berkecambah pada lingkungan yang sudah optimum, amatlah perlu diketahui tipe dormansi yang terjadi, Hal ini penting karena akan menentukan perlakuan yang akan diberikan. Menurut Sri Setyati Harjadi (1979) tipe dormansi dapat dibedakan atas dormansi fisik, dormansi fisiologi dan dormansi ganda.

Dormansi fisik. Dormansi fisik adalah dormansi yang disebabkan keadaan kulit benih yang keras dan kedap, sehingga menjadi penghalang mekanis terhadap

masuknya air atau gas ke dalam benih. Untuk mendorong terjadinya perkecambahan pada benih yang memiliki dormansi tipe ini perlu diberi perlakuan skarifikasi, yaitu pengubahan kulit biji agar bersifat permeable terhadap air dan gas. Berbagai macam teknik dapat digunakan untuk mencapai maksud ini, seperti menggosok kulit benih dengan kertas ampelas, perendaman dalam air dingin atau air panas, dan penggunaan bahan kimia.

Skarifikasi mekanis seperti menggunakan kertas ampelas untuk menggosok kulit biji harus dilakukan dengan hati-hati. Penggosokan berlebihan dapat saja merusak benih. Contoh benih yang dapat diskarifikasi secara mekanis adalah kemiri.

Skarifikasi dengan menggunakan air adalah skarifikasi dengan air panas. Tingkat suhu air panas yang efektif dalam memecahkan dormansi tergantung jenis benihnya. Menurut Lita Sutopo (1993) untuk benih apel air panas yang digunakan dapat mencapai 212^0 F dengan lama perendaman 2 menit, setelah itu diambil untuk dikecambahkan. Sedangkan Sri Setyati Harjadi (1979) menyebutkan air panas yang efektif untuk perkecambahan benih "*honey locust*" terletak pada kisaran suhu 77–100^0C.

Prosedur umum yang digunakan, bila benih diperlakukan dengan air panas adalah dengan memanaskan air pada suhu 180^0–200^0 F, kemudian benih dimasukkan ke dalam air panas, biarkan sampai menjadi dingin selama beberapa waktu sebelum dikecambahkan.

Dalam skarifikasi kimia digunakan bahan kimia tertentu untuk menjadikan kulit biji lebih mudah dimasuki air pada saat proses imbibisi. Penggunaan larutan asam sulfat ataupun asam nitrat dengan konsentrasi pekat dapat membuat kulit biji menjadi lebih lunak, sehingga dapat dilalui air dengan mudah. Pada benih tanaman padi digunakan asam nitrat pekat untuk memecahkan dormansinya dengan cara merendam benih padi ke dalam asam nitrat tersebut selama 30 menit.

Dormansi fisiologis. Dormansi fisiologis dapat disebabkan oleh faktor inhibitor (penghambat), ketidakmasakan embrio, atau benih memerlukan *after ripening*.

Kehadiran inhibitor telah ditemukan pada sejumlah benih. Kebanyakan inhibitor alamiah merupakan senyawa organik sederhana dengan berat molekul rendah, seperti Asam Sianida, Ammonia dan ethylen. Pengatur tumbuh (growth regulator) yang digunakan dengan konsentrasi tinggi dapat pula menjadi inhibitor. Pengatur tumbuh tersebut meliputi auksin, giberelin, kinin, dan beberapa herbisida.

Menurut Copeland (1976) bahwa inhibitor bekerja secara tidak langsung mempengaruhi perkecambahan melalui pemblokan (*blocking*) senyawa yang dibutuhkan dalam proses perombakan cadangan makanan benih, sehingga respirasi tidak terjadi. Contoh pada benih barley pembentukan enzim amilase, suatu enzim yang berperan dalam perombakan pati pada respirasi, akan dihambat oleh aflatoksin, abscisin II, dan herbisida isopropyl-m-chlorobanilate (chloropropham), 4-choloro-2 butyhyl N-(3-chlorophenyl) carbamate (barban) dan N, N-dimethyl–2,2-diphenylacetamide (diphenamid).

Ketidakmampuan benih untuk berkecambah dapat pula disebabkan ketidakmasakan embrio yang ditunjukkan oleh perkembangan embrio yang tidak secepat jaringan sekelilingnya atau embrio belum berdiferensiasi dan tanpa cadangan makanan. Misalnya, embrio perzik yang matang genjah tidak cukup dewasa untuk berkecambah. Demikian pula pada perkecambahan benih anggrek biasanya dilakukan pada media buatan. Benih tersebut berukuran mikroskopik terdiri dari embrio tunggal yang belum berdiferensiasi dan tanpa cadangan pangan. Pemecahan dormansi seperti ini dapat dilakukan dengan menggunakan biakan embrio. Salah satu contoh biakan embrio adalah Larutan Tukey dengan komposisi bahan kimia seperti tercantum pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Komposisi larutan Tukey untuk biakan embrio*)

Bahan Kimia	Jumlah (g/l H_2O)
KCl	7,5
$CaSO_4$	1,9
$MgSO_4$	1,9
$Ca_3(PO_4)_2$	1,9
$Fe_3(PO_4)_2$	1,9
KNO_3	1,5

*) Diambil dari Sri Setyati Sri Setyati Harjadi (1979)

After ripening merupakan suatu jangka waktu simpan tertentu yang diperlukan benih sebelum dapat berkecambah, Benih dari kelompok ini selalu gagal berkecambah, walaupun benih tersebut sudah terbentuk embrio secara sempurna dan kondisi lingkungan memenuhi syarat untuk berlangsungnya perkecambahan, kecuali mengalami periode simpan. Dasar fisiologi dari dormansi tipe ini tidaklah

jelas, tetapi rupanya tergantung pada waktu untuk berkurangnya inhibitor. Perlakuan yang diberikan pada benih yang memerlukan after ripening ini berupa stratifikasi, baik stratifikasi dingin ataupun stratifikasi hangat. Staratifikasi dingin merupakan pemberian perlakuan suhu rendah dan kelembaban tinggi. Benih apel yang diberi perlakuan stratifikasi pada suhu 4 ^{0} C selama lebih dari 2 bulan akan meningkatkan persentase perkecambahannya. Pada stratifikasi hangat benih disimpan lembab di atas 7^{0}C. Stratifikasi hangat merangsang perkecambahan pada beberapa species sebagai akibat dekomposisi mikrobiologi pada selaput benih. Namun, suhu tinggi jarang digunakan untuk memecahkan dormansi benih, kecuali baru pada kelapa sawit. Biasanya suhu tinggi malah meningkatkan dormansi daripada memperbaiki perkecambahan. Sebagai contoh adalah benih selada yang meningkat perkecambahannya pada suhu rendah, sedangkan pada suhu 30^{0} atau 35^{0} C tidak.

Dormansi Ganda. Dormansi ganda merupakan dormansi yang dialami benih, baik disebabkan fisik maupun fisiologis. Perlakuan yang diberikan pada benih demikian juga merupakan gabungan, baik skarifikasi maupun stratifikasi. Contoh benih yang memiliki dormansi ganda adalah viburnum.

4.1.4. Penyimpanan Benih

Benih merupakan bahan hidup yang mampu bertahan dalam keadaan yang sedikit banyak terkekang secara metabolik. Maksud penyimpanan benih adalah agar benih dapat ditanam pada musim tanam tahun berikutnya, atau pada musim berbeda dalam tahun yang sama. Untuk maksud ini benih disimpan dari hanya beberapa hari, semusim, setahun atau bahkan beberapa puluh tahun bila ditujukan untuk pelestarian jenis. Selama penyimpanan diharapkan viabilitas benih maksimum dapat dipertahankan. Untuk mencapai maksud tersebut perlu diperhatikan beberapa faktor, seperti kandungan air benih dan lingkungan penyimpanan (kelembaban, suhu, dan kandungan oksigen).

Kandungan air benih sangat menentukan viabilitas kebanyakan benih. Semakin tinggi kandungan air benih semakin tidak tahan benih tersebut disimpan lama. Biasanya saat panen kandungan air benih berkisar 16–20 %. Karena itu, untuk dapat mempertahankan viabilitas maksimum, benih perlu dikeringkan untuk menurunkan kandungan airnya sampai batas tertentu, tergantung speciesnya. Untuk

padi biasanya diturunkan hingga kandungan air mencapai 14 %, namun untuk kedelai seperti dilaporkan Schwass (1973) dalam Lita Sutopo (1993) harus lebih kecil dari 11%. Benih kedelai dengan kandungan air 14 % tidak tahan disimpan lebih lama dari 3 bulan pada suhu udara 30^0 C, tetapi bila kandungan airnya diturunkan samapi 9 % pada kondisi yang sama maka benih kedele tersebut mempertahankan viabilitasnya. Namun terdapat pengecualian, seperti yang terjadi pada benih sugar maple dan species citrus lainnya yang akan kehilangan viabilitas, bila dikeringkan.

Dalam kaitan pengeringan benih, maka benih dapat dikelompokkan atas 2 kelompok, yaitu ortodoks atau rekalsitran. Ortodoks adalah sifat benih yang tidak mati apabila dikeringkan atau disimpan dalam kondisi dingin dengan kadar air yang rendah, sedangkan rekalsitran sifat benih menjadi mati apabila kadar airnya diturunkan atau dikeringkan, atau disimpan dalam kondisi sangat dingin (Sjadjad, 1993).

Selama masa penyimpanan perlu untuk menghindari kondisi favorable untuk respirasi dan kegiatan ensimatik umum agar viabilitas maksimum dapat dipertahankan. Karena itu pengendalian terhadap kondisi lingkungan simpan seperti kelembaban, suhu, dan ketersediaan oksigen perlu dilakukan.

Suhu merupakan faktor lingkungan berikutnya yang mempengaruhi viabilitas benih. Suhu yang terlalu tinggi pada saat penyimpanan dapat mengakibatkan kerusakan benih. Hal ini disebabkan besarnya penguapan yang dialami benih, sehingga benih akan kehilangan daya imbibisi dan kemampuan untuk berkecambah. Selain itu protoplasma dari embrio dapat mati akibat keringnya sebagian atau seluruh benih.

Suhu optimum untuk penyimpanan benih jangka panjang berada pada kisaran -18^0C sampai 0^0C. Terdapat hubungan terbalik antara suhu dan kandungan air benih. Artinya adalah bila kandungan air tinggi, maka suhu harus rendah untuk menjamin viabilitas benih, demikian pula sebaliknya. Kisaran suhu 0^0C sampai 12^0C dan kelembaban relatif 50–60% bagi kebanyakan benih merupakan kondisi yang cukup untuk mempertahankan viabilitas penuh sedikitnya setahun.

Viabilitas benih saat penyimpanan ditentukan pula oleh keadaan atmosfir tempat simpan. Unsur atmosfir yang berpengaruh adalah kandungan oksigen dan karbondioksida. Kedua unsur ini memegang peran dalam mengendalikan respirasi benih. Mengurangi kandungan oksigen dan menaikkan kandungan karbondioksida akan mengurangi respirasi.

4.1.5. Benih Bersertifikat

Seperti diuraikan sebelumnya bahwa penggunaan benih bermutu tinggi adalah hal yang penting dalam budidaya tanaman. Benih akan terjamin kualitasnya, bila benih tersebut telah mengalami sertifikasi. Benih bersertifikat adalah benih dari suatu varietas yang telah diketahui (telah dilepas) dan diproduksi dengan sistem pengawasan serta standar sertifikasi benih, baik standar lapangan maupun laboratorium yang ketat dalam mempertahankan kemurnian varietas tersebut.

Benih bersertifikat diberi label yang warnanya sesuai dengan klas benih bersangkutan (Wirawan dan Sri Wahyuni, 2002), seperti berikut ini :

a. Benih penjenis (*Breeder seed*, BS)

   Benih penjenis diproduksi dan diawasi oleh pemulia tanaman dan atau oleh instansi yang menanganinya (Lembaga Penelitian atau Perguruan Tinggi). Benih ini sebagai sumber untuk perbanyakan benih dasar. Khusus untuk benih penjenis tidak dilakukan sertifikasi, tetapi diberi label berwarna putih.

b. Benih dasar (*foundation seed,* FS)

   Benih dasar merupakan turunan pertama (F1) dari benih penjenis. Benih ini diproduksi dan diawasi secara ketat oleh pemulia tanaman sehingga kemurnian varietasnya dapat dipertahankan. Benih dasar diproduksi terutama oleh Balai benih Induk dan proses produksinya diawasi dan disertifikasi oleh Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih (BPSB). Benih dasar diberi label sertifikasi berwarna putih.

c. Benih pokok (*stock seed,* SS)

   Benih pokok merupakan F1 dari benih dasar atau F2 dari benih penjenis. Produksi benih pokok tetap mempertahankan identitas dan kemurnian varietas serta memenuhi standar peraturan perbenihan maupun sertifikasi oleh BPSB. Benih pokok diproduksi oleh Balai Benih atau pihak swasta yang terdaftar dan diberi label sertifikasi berwarna ungu.

d. Benih sebar (*extension seed,* ES)

   Benih sebar merupakan F1 benih pokok. Produksinya tetap mempertahankan identitas maupun kemurnian varietas dan memenuhi standar peraturan perbenihan maupun sertifikasi oleh BPSB. Benih pokok dan benih sebar umumnya diperbanyak oleh Balai Benih atau penangkar benih dengan

mendapatkan bimbingan, pengawasan, dan sertifikasi dari BPSB. Benih sebar diberi label sertifikasi berwarna biru.

Untuk benih palawija, selain benih sebar berlabel biru juga terdapat benih sebar berlabel hijau yang merupakan keturunan dari benih sebar berlabel biru. Produksinya tetap mempertahankan identitas dan tingkat kemurnian varietas.

Disamping warna-warna label sertifikasi di atas terdapat pula benih berlabel merah jambu. Pengadaan benih berlabel merah jambu ini tidak melalui proses sertifikasi, tetapi tetap memenuhi standar laboratoriun untuk pelabelan.

4.2. Perbanyakan Vegetatif

Perbanyakan secara vegetatif dapat dibagi menjadi beberapa cara: (1) cangkok (*Air layerage*); (2) merunduk (*Ground layerage*); (3) Stek; (4) Penyambungan (*Grafting*); (5) Okulasi (*Budding*). (Rini Wudianto, 1995).

4.2.1. Cangkok

Perbanyakan dengan cara mencangkok memiliki beberapa keuntungan dan kekurangan. Keuntungan yang diperoleh yaitu: a. tanaman yang dihasilkan memiliki sifat yang sama dengan induknya, sehingga apabila induk tanaman tersebut memiliki buah lebat dan enak rasanya, maka tanaman hasil cangkokan akan menghasilkan buah lebat dan enak rasanya; b. Tanaman dari cangkok cepat berbuah (± 4 tahun); c. Waktu yang diperlukan untuk relatif singkat yaitu 1-3 bulan. Sedangkan kekurangannya: a. tidak dapat dilakukan secara besar-besaran; b. Bibit cangkok sulit bertahan hidup pada daerah yang memiliki ke dalam air tanah dalam, karena perakaran tanaman dari cangkok dangkal.

Adapun tahapan dalam mencangkok antara lain:

a. Menentukan Pohon Induk.

Pohon induk yang akan dicangkok harus memenuhi beberapa persyaratan antara lain:

- Pohon induk sudah cukup tua.
- Pohon induk telah berbunga bagi tanaman hias, dan berbuah bagi tanaman buah-buahan.
- Penampilan pohon induk tegar, kuat dan sehat, bebas hama penyakit.
- Pohon induk harus bercabang banyak.

b. Memilih cabang

- Besar cabang yang baik sebesar jari kelingking.
- Bentuk cabang tegap dan mulus.
- Cabang berwarna coklat muda, agar lebih mudah membentuk kalus dan akar.
- Panjang cangkokan berkisar antara 20-30 cm.
- Jumlah daun pada cabang harus banyak jumlahnya.
- Arah cabang ke atas atau ke samping dan rajin berbuah.

Setelah pohon induk dan cabang terpenuhi, maka tahap selanjutnya adalah pembuatan sayatan, pembersihan kambium, pengeringan bekas sayatan, pemberian zat perangsang tumbuh (ZPT), pemberian media dan pembalut media.

c. Menyayat cangkok

Penyayatan kulit cabang berdasarkan diameternya dibagi menjadi dua yaitu penyayatan kulit pada cabang besar (berdiameter di atas 2 cm) dan cabang kecil (berdiameter kurang dari 2 cm)

Pada cabang besar, penyayatan pada bagian atas dibuat sayatan bergerigi melingkari cabang, selanjutnya pada jarak sekitar 5-7 cm dibawahnya dibuat keratan lurus melingkari batang. Hubungkan kedua keratan tersebut dengan keratan membujur. Dari keratan melintang inilah kulit kayu mulai disayat dengan pisau.

Pada cabang kecil penyayatan sama seperti di atas, akan tetapi bedanya sayatan bagian atas berbentuk garis lurus melingkar cabang.

Setelah cabang disayat kulitnya, maka tahap selanjutnya adalah pembersihan kambium. Tujuannya agar pertumbuhan akar tidak terganggu.

Untuk menghilangkan kambium dapat dilakukan beberapa dengan cara mengerik kambium dengan pisau secara perlahan-lahan atau menggosok kambium dengan kain atau kertas bersih.

Sayatan yang telah dikerik kambiumnya, tidak dapat langsung diberikan media, melainkan harus dikeringkan. Waktu pengeringan berbeda setiap jenis tanaman. Bagi tanaman yang tidak bergetah, waktu pengeringan 2-4 hari, sedangkan tanaman yang bergetah akan memakan waktu 2-3 minggu. Contoh tanaman yang bergetah adalah nangka dan sawo.

Sebelum memberikan media terlebih dahulu pada irisan atas diberi ZPT. ZPT tersebut ada yang berbentuk larutan dan ada yang berbentuk tepung. ZPT yang berbentuk tepung dapat diberikan setelah dibuat pasta terlebih dahulu, seperti Rooton F, sedangkan yang berbentuk cair dapat diberikan pada media cangkok..

Selain ZPT, pada media cangkok diberikan juga pupuk, baik NPK, maupun pupuk daun. Pupuk NPK dapat diberikan setelah dilakukan pengenceran terlebih dahulu, dengan konsentrasi 5%. Demikian juga apabila menggunakan pupuk daun yaitu dengan memberikan 2 cc L^{-1} air

Tahap yang terakhir adalah membungkus sayatan. Pembungkusan media tanah yang dicampur dengan pupuk kandang atau kompos dan media sabut kelapa memerlukan teknik tertentu. Pertama ikat dulu bagian bawah lembaran pembalut 6 cm di bawah sayatan. Lalu media yang telah dibasahi itu diisikan ke dalam pembalut, kemudian dirapikan dan pembalut diikat di bagian atasnya.

Besar atau diameter pembungkus disesuaikan dengan diameter cabang dan panjang cabang yang dicangkok. Perbandingan antara panjang cabang dan diameter pembungkus adalah 5:1. Jadi, bila panjang cangkokan 30 cm, maka diameter pembungkusnya 5 cm.

d. Pemeliharaan cangkokan

Dalam pemeliharaan cangkokkan yang perlu diperhatikan adalah menjaga kelembababan media cangkok. Ada 3 cara pemeliharaan kelembaban cangkok, yaitu

- Penyuntikan ke dalam media
- Ikatan pembungkus bagian atas sedikit terbuka, sehingga air hujan yang turun melalui ranting dapat masuk ke dalam pembalut cangkokan.
- Bila musim kemarau cara ke dua dapat dimodifikasi dengan meletakkan tabung bambu di bagian atas media cangkok. Bagian dasar bambu dilubangi.

e. Pemotongan cangkok

Jika terlihat akar cangkok sudah tumbuh dalam jumlah cukup banyak, dengan kriteria sudah banyak terlihat muncul diluar media cangkok, maka pemotongan cangkok dapat dilaksanakan.

f. Penyemaian cangkok

Cangkok yang telah dipotong, sebaiknya jangan langsung ditanam di lapangan, karena suhu akan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan bibit di lapangan. Oleh karena itu bibit cangkok perlu dibiarkan beberapa saat untuk beradaptasi dengan lingkungan, dengan cara dimasukkan dalam polybag, kemudian diletakan ditempat teduh dan di rawat.

Media persemaian sebaiknya menggunakan campuran tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 3 : 1. Setelah dirawat selama 3 bulan, dan tanaman sudah menunjukkan pertumbuhan yang baik, tanaman dapat dipindahkan ke lapangan.

4.2. 2. Merunduk (*Ground layerage)*

Merunduk, sering disebut dengan cangkok tanah. Kelebihan jenis cangkok tanah ini adalah tidak memerlukan pembungkus mdia cangkok, namun demikian tanaman yang akan diperbanyak dengan sistem runduk memiliki cabang yang bersifat lentur, sehingga mudah dirundukkan.

Merunduk adalah melakukan pelengkungan cabang lalu sebagian cabang tersebut dibenamkan ke dalam tanah. Sedangkan ujung-ujung cabang dibiarkan muncul di atas permukaan tanah. Pada bagian cabang yang dibenamkan sebaiknya ada tunasnya. Tunas ini umumnya memiliki kandungan auksin yang tinggi, dengan demikian dapat mempercepat pertumbuhan akar.

Ada beberapa cara untuk memperbanyak tanaman dengan merunduk:

a. *Tip layerage*, Caranya adalah dengan membenamkan ke dalam tanah, dengan ke dalaman 2,5–5 cm. Setelah 2–3 bulan tunas baru akan muncul, dan akar-akar akan terbentuk. Sebelum dibenamkan ke dalam tanah, cabang yang akan dibenamkan dilukai terlebih dahulu, agar akar terpacu.
b. *Simple layerage*. Caranya adalah cabang dirunduk, bagian bawah pucuk di lukai, kemudian dibenamkan ke dalam tanah. Pucuk dibiarkan muncul di atas permukaan tanah. Ke dalam tanah 12,5–25 cm. Contoh tanaman mawar pagar, apel.
c. *Continous layerage*, Cabang di lukai, kemudian diletakkan dalam satu saluran, atau parit yang dangkal (5 – 12,5 cm), setelah itu ditimbun tanah.

Pucuk cabang dengan beberapa lembar daun dibiarkan muncul di atas permukaan tanah. Bibit yang dihasilkan dalam satu cabang akan semakin banyak.

d. *Serventive/compound layerage*, hampir sama dengan *continous layerage,* hanya bedanya cabang yang ditimbun tanah beberapa bagian saja, dengan carac berselang seling.

4.2.3. Stek

Stek adalah perkembangbiakan vegetatif yang memiliki tingkat kesukaran sedang sampai tinggi. Bagian tanaman yang akan membentuk tanaman baru telah terpisah dengan induknya, sehingga tingkat kegagalan relatif tinggi (tergantung dari jenis tanaman). Untuk itu jenis perbanyakan ini harus dibuat sedemikian rupa sehingga mengurangi terjadinya kegagalan.

Walaupun demikian, perbanyakan dengan stek memiliki kelebihan, yaitu disamping sifat tanaman baru sama dengan induknya, juga bibit yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan cangkok.

Adapun stek yang sering dipraktekan adalah stek akar, batang, daun, tunas dan umbi.

a. Stek akar

Tanaman pohon yang dapat dikembangkan degan stek akar antara lain sukun,jeruk keprok, cemara, jambu air.

Cara memperoleh bahan stek akar:

- Pada tanaman yang besar, seperti semak dan pohon, tanah digali sampai akar tampak, ambil akar yang diperlukan, lalu lubang ditutup kembali dengan tanah.
- Pada tanaman yang lebih kecil, cabut tanaman kemudian ambil beberapa akar yang diperlukan, kemudian tanaman ditanam kembali.

Setelah akar diperoleh, maka langkah selanjutnya yaitu memotong akar sepanjang 5 cm dengan pisau yang tajam dan bersih.

Potongan akar disemaikan dikotak persemaian yang telah disediakan, dengan memperhatikan, akar yang gemuk ditanam vertikal, sedangkan akar yang kurus ditanam horizontal.

b. Stek Cabang

Cabang yang distek terdiri dari cabang yang tua dan setengah tua. Pohon buah yang dapat distek cabang tuanya adalah kedondong, jambu air, jambu semarang, jeruk

(*Rough lemon, Japansche citroen*), markisa, delima, ceremai, anggur. Stek cabang setengah tua adalah bugenvil, melati, mawar.

- Memilih cabang: Cabang yang dipilih sebagai bahan stek berumur kurang lebih setahun. Cabang yang terlalu tua sangat sulit membentuk akar, sehingga memerlukan waktu lama untuk membentuk akar. Sebaliknya cabang yang terlalu muda, proses penguapan sangat cepat sehingga stek menjadi lemah dan akhirnya mati.

  Cabang yang akan dijadikan bahan stek harus sehat. Sebagai sumber bahan tanaman baru, maka kesehatannya perlu diperhatikan. Tanaman sumber yang tidak sehat, berpotensi untuk menularkan penyakit ke tanaman baru yang dihasilkan.

  Cabang yang akan dijadikan bahan stek berasal dari tanaman yang tidak mengalami defisiensi nitrogen. Tanda yang tampak adalah dengan menguningnya daun bagian bawah. Kandungan nitrogen yang kurang dalam jarigan tanaman akan berakibat sulitnya pertumbuhan akar. Oleh karena itu cabang yang kita pilih memiliki daun berwarna hijau.

- Perlakuan ekstra

  Mengingat resiko yang ditimbulkan karena bahan stek terpisah dengan tanaman induk, maka perlu persiapan lebih baik, antara lain dengan adanya perlakuan tambahan, disamping dengan persyaratan yang dilakukan sebelumnya.

  Adapun perlakuan ekstra tersebut antara lain:

  - Melukai Cabang

    Sebelum melakukan pemotongan stek, sekitar 1–3 bulan, dibuat keratan melingkar dan membuang kulitnya. Letak keratan, 30–40 cm di bawah ujung stek, lebar keratan 1–2,5 cm. Beberapa bulan kemudian di sekitar keratan terjadi benjolan, bahkan pada tanaman tertentu akan tumbuh akar (misalnya puring, jambu air).

  - Mengetiolasi cabang

    Cara mengetiolasi cabang adalah dengan membungkus/ membalut cabang. Pembalut harus berwatna hitam, sehingga cahaya matahari yang menerpa cabang tersebut akan dipantulkan. Dengan demikian klorofil akan hilang dan zat tumbuh akan terkumpul. Pembalut yang digunakan dapat berupa plastik hitam.

- Pengambilan Stek.

  Pemotongan stek, panjangnya bervariasi antara jenis yang satu dengan jenis lainnya, umumnya berkisar antara 10 cm – 30 cm. Stek mangga panjangnya sekitar 10 cm – 20 cm, sedangkan tanaman lainnya berkisar antara 20 cm – 30 cm.

  Selain kreteria panjang stek, dapat pula dilakukan dengan melihat jumlah mata tunas. Setiap stek memiliki jumlah mata tunas berkisar antara 3–5 buah.

  Bentuk pangkal stek dapat dibuat bervariasi. Pemotongan stek miring lebih banyak kemungkinan tumbuh akar dari pada pemotongan datar. Hal ini disebabkan pada pemotongan pangkal stek miring permukaannya lebih luas dibandingkan dengan pemotongan pangkal stek datar.

  Pemotongan stek yang baik adalah saat kelembaban tinggi. Sebagai contoh pada musim hujan. Selain itu pemotongan sebaiknya dilakukan di dalam air, tujuannya agar jaringan pembuluh stek langsung terisi air.

- Menyemaikan stek.

  Menyemaikan stek dapat dilakukan dalam wadah atau langsung di bedengan. Cara yang pertama cocok dilakukan dalam jumlah sedikit, sebaliknya bila jumlah stek banyak maka lebih efisien bila dilakukan di bedengan. Adapun langkah yang dilakukan dalam penyemaian adalah :

  - Menyiapkan wadah.

    Wadah yang digunakan dapat terbuat dari kotak kayu, pot, keranjang atau kantung plastik. Kotak kayu yang digunakan lebarnya 60 cm dan tingginya berkisar dari 20 cm–60 cm, sedangkan panjangnya tidak ditentukan. Ketinggian kotak dengan penutup kaca dianjurkan 60 cm, jika penutup plastik, maka tinggi kotak dianjurkan 20 cm–25 cm.

  - Menyiapkan bedengan

    Bedengan dibuat dengan arah Utara-Selatan, sehingga diharapkan semua stek mendapat sinar matahari pagi. Untuk melindungi stek dari sengatan matahari siang dan sore maka di atas bedengan dibuat naungan. Tiang naungan di sebelah Barat lebih rendah dari sebelah Timur. Saluran air perlu dibuat agar kelebihan dan kekurangan air dapat segera di atasi.

Lebar bedengan 120 cm dan panjangnya 10 m atau lebih. Bedengan dicangkul dengan kedalaman 20 cm – 25 cm, kemudian ditaburi pasir secukupnya dan diaduk. Jumlah pasir yang diberikan sama dengan jumlah tanah yang dicangkul. Tanah yang telah dicampur, kemudian diberi Furadan 3 G, dengan dosis 50 gr m^{-2}. Setelah itu bedengan ditutup dengan plastik selama dua hari.

- Menumbuhkan akar stek

Untuk memudahkan tumbuh akar, pangkal stek diberi zat perangsang tumbuh (ZPT). ZPT yang berbentuk serbuk dilarutkan dulu dalam alkohol 95%, kemudian diencerkan, AIA konsentrasi 500–1000 ppm, ANA 5000 ppm, dan AIB 5000–10.000 ppm. AIA 500 ppm, 5 gr AIA dilarutkan dalam 10 liter air (AIA = Asam Indol acetat; ANA = Asam Naftalen Acetat; AIB = Asam Indol Butirat). Pangkal stek direndam dalam larutan yang telah disediakan, setelah itu dapat dibungkus dengan tanah lempung, kemudian meletakkan stek ke wadah atau bedengan, dengan jarak tanam 10 cm x 5 cm.

Media stek harus selalu dijaga kelembabannya dengan cara menyungkup dan menyirami media. Kelembaban yang terjaga mengurangi terjadinya transpirasi tanaman, sehingga membuat stek dapat bertahan lama.

Setelah stek tumbuh perakaran dalam jumlah banyak, maka stek dapat dipindahkan ke polybag, atau langsung ke lokasi penanaman.

4.2.4. Penyambungan (*Grafting*)

Penyambungan adalah menggabungkan batang bawah dengan batang atas tanaman sedemikian rupa sehingga terjadi persenyawaan.

Penyambungan merupakan campuran dari generatif dan vegetatif dengan tujuan agar bibit yang dihasilkan lebih unggul dari tanaman asalnya. Secara rinci dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Mengekalkan sifat-sifat klon yang tidak dilakukan oleh stek dan cangkok.
b. Bisa memperoleh tanaman yang kuat, karena batang bawahnya tahan terhadap kondisi tanah yang kurang menguntungkan.
c. Memperbaiki jenis yang telah tumbuh, sesuai yang dikehendaki.
d. Dapat mempercepat berbuahnya tanaman.

e. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka perlu persyaratan batang bawah dan batang atas.

Syarat batang bawah antara lain: a. Memiliki daya adaptasi seluas mungkin. Artinya, tanaman itu kompatibel dengan berbagai varietas, bahkan bila perlu juga kompatibel dengan beberapa jenis dalam satu genus; b. Memiliki perakaran yang kuat dan tahan terhadap serangan hama dan penyakit yang ada di dalam tanah; c. Kecepatan tumbuhnya sesuai dengan batang atas; d. Tidak mempengaruhi batang atas; dan e. Memiliki batang yang kuat.

Syarat batang atas adalah : a. Cabang dari pohon yang kuat; b. Bentuk cabang lurus, diameternya disesuaikan dengan batang bawah; c. Cabang yang berasal dari pohon induk yang benar-benar dikehendaki; dan d. Dapat menyesuaikan diri dengan batang bawah, sehingga sambungannya kompatibel.

Dalam penyambungan dikenal dua istilah yaitu penyusuan dan sambung pucuk.

Penyusuan. Penyusuan merupakan penyambungan antara tanaman muda dengan cabang pohon induk, tanaman muda dan cabang pohon induk tersebut masih berhubungan erat dengan akar masing-masing. Setelah dua bagian tanaman tersebut mampu menyatu dan tumbuh dengan subur, maka pucuk cabang tanaman muda bisa dipotong di atas sambungan, sedangkan dahan atau ranting pohon induk yang disambungkan dipotong di bawah sambungan, sedangkan pada sambung pucuk, pucuk sebagai batang atas telah terpisah dari induknya.

Sambung pucuk. Sambung pucuk dilakukan pada tanaman hias, tanaman buah, tanaman perkebunan, seperti asoka, kopi, bugenvil, kembang sepatu, advokat, anggur, belimbing, durian, jambu batu, jambu bol.

Pada sambung pucuk bila dilihat dari cara menyambungnya dikenal 2 cara yaitu sambung baji dan sambung baji terbalik. Adapun cara penyambungan masing-masing jenis tersebut dapat dilihat pada uraian berikut:

Cara sambung baji (*wedge grafiting*):

a. Siapkan calon batang bawah, yang umumnya dari biji

b. Pada ketinggian 10–20 cm dari pangkal leher akar batang bawah dipotong, ujung batang bawah dibelah.

c. Calon batang atas dipotong 2–3 ruas (panjang 7,5–10 cm), kemudian ujungnya pangkalnya diiris menyerupai baji.

d. Pengirisan harus sampai ke bagian kayunya.

e. Masukkan pangkal bagian atas berupa baji ke belahan yang telah dibuat pada batang bawah kemudian diikat dengan tali rapia.

f. Beri sungkup agar kelembaban dapat terjaga.

Cara sambung baji terbalik (*interved wedge grafting*). Cara ini merupakan kebalikan dari sambung celah. Bila sambung celah disisipi batang atas, maka pada cara *interved wedge grafting* batang atas yang justru disisipi batang bawah. Calon batang bawah diiris pada kedua sisi yang berlawanan, sehingga berbentuk mata baji. Pada saat penyisipan batang, diusahakan agar sayatan batang kulit dan kayu batang atas bisa tepat mengena pada sayatan kulit dan kayu batang bawah, kemudian diikat dengan tali plastik atau rafia yang tipis dan halus. Calon bibit ini sebaiknya ditaruh di tempat teduh dengan cahaya matahari sekitar 20 –25 % teriknya. Setelah 3 – 5 minggu biasanya kuncup akan mengeluar tunas baru sebagai pertanda sambungan tersebut berhasil

4.2.5. Okulasi

Okulasi memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan stek dan cangkok. Kelebihannya adalah memiliki mutu yang lebih baik dari induknya, karena hasil okulasi memiliki perakaran yang baik dan tahan terhadap serangan hama dan penyakit yang berasal dari tanah.

Syarat okulasi untuk batang bawah sama dengan syarat pada penyambungan, sedangkan syarat batang atas, selain persyaratan batang atas pada penyambungan, maka harus dipertimbangkan mata tunas terlihat besar, belum pecah, dan berwarna hijau.

Tahapan okulasi adalah sebagai berikut:

a. Mengiris batang bawah

   Untuk pengirisan batang bawah tergantung dari cara okulasi yang dipilih. Misalnya jenis okulasi bentuk huruf T. Irisan dibuat pada kulit yang halus, pada ketinggian 20 cm dari permukaan tanah, membentuk huruf T

b. Mengambil mata tunas

   Ambil mata tunas seperti yang dikehendaki, kemudian dipotong segitiga. Kemudian letakkan mata tunas ke dalam irisan berbentuk huruf T. Setelah itu tempelan diikat dengan tali rapia, atau dapat juga dengan plastik gula.

c. Setelah dua minggu, terlihat mata tunas masih hijau, maka dilakukan pembukaan ikatan

d. Pemotongan dilakukan pada batang pokok setinggi 10 cm dari mata tunas, apabila pertumbuhan tunas kurang kuat.

e. Batang setinggi 10 cm dari mata tunas dapat dimanfaatkan untuk mengikat tunas yang kurang kuat pertumbuhannya. Setelah pertumbuhan tunas sudah kuat maka kayu yang berada di atas mata tunas sepanjang 10 cm dipotong, sehingga hanya tinggal 1 cm.

f. Bila tunas kuat, maka pemotongan batang pokok setinggi 1 cm dari mata tunas.

V. TANAM DAN PEMELIHARAAN TANAMAN

5.1. Persiapan Tanam

Sebelum benih atau bibit ditanam di lapangan (di kebun) perlu persiapan-persiapan yang matang. Keberhasilan suatu budidaya tanaman tidak terlepas dari bahan tanaman yang digunakan (benih atau bibit) dan persiapan lahan.

5.1.1. Faktor Bahan Tanaman

Bahan tanaman bisa dalam bentuk benih atau bibit. Benih adalah biji yang telah diseleksi dan dipersiapkan sebagai bahan tanam, misalnya benih jagung, benih kedelai, benih padi, dan lain sebagainya, uraian pengertian benih dapat pula dilihat pada Bab IV. Bibit adalah tanaman muda yang telah diseleksi dan dipersiapkan sebagai bahan tanam. Tanaman muda ini bisa berasal dari benih, cangkok, stek, okulasi, anakan, hasil kultur jaringan, dan lain sebagainya.

Penggunaan benih atau bibit yang bermutu merupakan kunci utama dalam memperoleh hasil budidaya tanaman yang tinggi. Secara umum benih yang baik untuk tanaman pangan (misal: jagung, kedelai, padi) dan sayur-sayuran (misal: tomat, lombok, sawi, dan lain sebagainya), ditandai :

a. Bebas hama dan penyakit
b. Daya tumbuh benih $\geq$ 80 %
c. Mempunyai vigor yang baik (benih tumbuh serentak, cepat dan sehat)
d. Sehat, bernas, tidak keriput, dan mengkilat
e. Murni secara fisik (tidak tercampur kotoran)
f. Murni secara genetik (tidak tercampur oleh varietas-varietas lain)
g. Hasil panen baru (belum lama simpan)

Pada tanaman semusim (*annual*) kebutuhan benih untuk setiap satuan lahan ditentukan oleh jarak antar barisan dan jarak antar rumpun dalam baris, daya tumbuh benih dan jumlah benih per lubang.

Pada tanaman kedelai (Lamina, 1989) dan tanaman jagung (Adisarwanto dan Yustika Erna Widyastuti, 2000), banyak benih untuk setiap hektar lahan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$B = 10000 \text{ X } \frac{100}{P} \text{ X } \frac{100}{Q} \text{ X } \frac{100}{R} \text{ X } \frac{S}{100} \text{ X T X 1g}$$

Keterangan :

1 Ha lahan = 10000 m^2

B = benih yang diperlukan (g)

P = jarak antar barisan (cm)

Q = jarak antar rumpun dalam baris (cm)

R = daya tumbuh benih (%)

S = bobot per 100 benih (g)

T = jumlah benih per lubang

Pertanaman padi, banyak benih untuk setiap hektar lahan:

$$B = 10000 \text{ X } \frac{100}{P} \text{ X } \frac{100}{Q} \text{ X } \frac{100}{R} \text{ X } \frac{S}{1000} \text{ X T X 1g}$$

S = bobot per 1000 benih (g)

Pada tanaman kedelai bobot per 100 biji kedelai berkisar 7–14 gram ; ukuran biji besar 11–14 gram dan biji kecil 7–10 gram (Sumarno dan Hartono, 1983 dalam Lamina, 1989). Pada tanaman padi, berat 1000 butir gabah kering antara 18–38 gram.

Pada tanaman tahunan (*perennial*), bahan tanaman umumnya berupa bibit. Misalnya: pada tanaman karet, bahan tanaman berupa bibit juga yang berasal dari okulasi, pada tanaman lada bahan tanaman berasal dari stek pucuk batang/cabang. Pada tanaman kelapa sawit bahan tanaman berupa kecambah atau bibit (klon) yang berasal dari kultur jaringan yang telah beradaptasi dengan lingkungan. Untuk menjamin penggunaan kecambah kelapa sawit bermutu, sebaiknya kecambah yang ditanam berasal dari lembaga resmi yang ditunjuk pemerintah untuk memproduksi dan menyalurkan benih kelapa sawit seperti ;

1. Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan
2. PT. Sucofindo
3. PT. P P London Sumatra
4. PT. Damai Mas Sejahtera
5. PT. Bina Sawit Makmur/ Selapan Jaya Group

Jumlah kecambah kelapa sawit yang diperlukan untuk kepadatan (populasi) tanaman 143 pohon ha^{-1} memerlukan 200 kecambah dan untuk kepadatan 130 pohon ha^{-1} memerlukan 190 kecambah kelapa sawit ha^{-1} .

a) b)

Gambar16. a) Bibit *pre-nursery* yang telah berumur 3 bulan siap dipindahkan ke *main nusery,* b) Pembibitan kelapa sawit dengan kantong plastik (polybag) yang disusun di *main nusery* (Yan Fauzy, dkk, 2004)

Sebelum ditanam di lapangan (di kebun), kecambah kelapa sawit yang didatangkan tersebut diatas, ditanam di pembibitan (Gambar 16). Ada 2 tahap pembibitan yaitu :

Tahap I : Pembibitan pendahuluan (*Pre-Nursery*). Di Pre-Nursery kecambah ditanam di polybag kecil (lebar 15 cm, tinggi 22 cm) atau bisa juga disemaikan dalam bentuk bedengan.

Tahap II : Pembibitan utama (*Main-Nursery*). Bibit dipindahkan dari *pre-nursery* ke main-nursery, setelah bibit berdaun 2–3 helai, yaitu pada umur 2–3 bulan kemudian ditanam dalam polybag besar (ukuran 40 x 50 cm, tebal 0,12 mm). Bibit yang berumur 12–14 bulan mulai dapat dipindahkan ke lapangan. (Suyatno Risza, 1995 dan Yan-Fauzi, dkk, 2002)

5.1.2. Persiapan Lahan

Salah satu kegiatan penyiapan lahan untuk tanaman budidaya semusim (*annual*) dan dua musim/dua tahun (*biennial*) adalah pengolahan tanah. Tujuan pengolahan tanah yang terpenting adalah :

a. Pemecahan dan penggemburan tanah yang padat

b. Pemecahan bongkahan-bongkahan tanah yang besar menjadi bagian-bagian yang lebih kecil
c. Pembenaman sisa-sisa tanaman ke dalam tanah
d. Percampuran dan pembenaman pupuk dan atau pengapuran ke dalam tanah asam atau bisa disebut bahan amelioran bila diperlukan
e. Pemberantasan gulma yang ada sebelum penanaman
f. Pemerataan tanah

Hakekat pengolahan tanah adalah memperbaiki sifat-sifat fisik tanah khususnya struktur tanah dan porositas. Dengan pengolahan tanah struktur tanah menjadi lebih gembur dan porositas tanah menjadi lebih baik. Kondisi tanah yang demikian akan membuat :

a. Terjadinya keseimbangan antara infiltrasi dan penguapan air dari tanah
b. Peredaran udara dan suhu tanah menjadi optimal yang berarti akan menjamin aktivitas biologi tanah menjadi optimal pula.
c. Perkecambahan benih dalam tanah menjadi baik serta pertumbuhan akar tanaman menjadi lebih baik sehingga dapat menjangkau unsur hara dan air disekitarnya yang diperlukan untuk memacu pertumbuhan tanaman selanjutnya.

Proses penggolahan tanah untuk lahan kering berbeda dengan proses penggolahan tanah lahan basah (misal: padi sawah).

Pengolahan tanah pada lahan basah untuk penanaman padi sawah terdiri dari atas 2 kegiatan yaitu membajak/mencakul dan menggaru.Kedua kegiatan tersebut dilakukan 20-30 hari sebelum tanam. Tujuan membajak/mencangkul:

a. Memperbaiki tata udara tanah, yang penting untuk perkembangan padi
b. Merangsang berkecambahnya biji-biji gulma, sehingga pada waktu penggaruan terbagi keseluruh petakkan untuk kemudian oleh jasad-jasad renik dirombak dalam keadaan tergenang dan menghasilkan persenyawaan sumber pupuk nitrogen.

Tujuan dari menggaru adalah:

a. Membantu terciptanya lapisan kedap (lapisan bajak) untuk mencegah meresapnya air dan unsur-unsur hara selama pertumbuhan padi
b. Menciptakan struktur lumpur sebagai tempat tumbuh yang baik bagi padi sawah
c. Memberantas gulma yang masih hidup

d. Meratakan permukaan tanah untuk pengaturan air yang baik

Cara pengolahan tanah pada lahan kering tergantung kondisi lahan. Secara umum, pengolahan tanah pada lahan kering dapat dilakukan secara sempurna (OTS) atau olahan tanah secara intensif (OTI) atau olahan tanah secara konvensional, secara minimum (*minimum tillage*) atau olahan tanah minimum (OTM) dan tanpa pengolahan tanah (*zero tillage*) atau tanpa olah tanah (TOT). Sistem OTM dan TOT merupakan variasi dari olah tanah yang memenuhi kaidah konservasi (Prasetyo, 1996).

Menurut Adisarwanto dan Yustina Erna Widyastuti (2000) batasan dari :

a. Pengolahan tanah secara sempurna (OTS = OTI)
   - Pengolahan dilakukan pada tanah yang berat
   - Tanahnya tidak terlalu kering atau terlalu basah sehingga mudah digemburkan
   - Tanah dicangkul atau dibajak dua kali sedalam 15–20 cm, gulma dan sisa tanaman dibenamkan, serta tanah digaruk sampai rata.
   - Pengolahan tanah dilakukan paling lambat seminggu sebelum tanam.

b. Pengolahan tanah secara minimum (OTM) = *minimum tillage*
   - Pengolahan dilakukan pada tanah yang sangat peka terhadap erosi
   - Pengolahan dilakukan hanya pada barisan persiapan tanam selebar 60 cm dan kedalaman 15–20 cm dengan menggunakan cangkul sebanyak dua kali. Selanjutnya dilakukan pendangiran (penggemburan) pada saat tanaman berumur 25 hari.
   - Lahan hanya dilakukan penugalan dan benih langsung ditanam.
   - Pengolahan dilakukan seminggu atau kurang dari seminggu sebelum tanam.

c. Tanpa pengolahan tanah (TOT) = *zero tillage*
   - Pengolahan dilakukan pada lahan yang bertekstur ringan dan lahan yang kekurangan air atau saat musim kemarau dengan tujuan menghindari penguapan berlebihan.
   - Tanah hanya dicangkul untuk lubang tanam.
   - Pada lahan perlu diberi mulsa untuk mengatasi erosi dan menekan gulma.

5.2. Penanaman

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanaman adalah waktu tanam, jarak tanam dan populasi, serta cara penanaman.

5.2.1. Waktu tanam

Di daerah-daerah tropik, seperti halnya di Indonesia faktor yang menentukan saat tanam yang tepat adalah ketersediaan air, yaitu umumnya awal musim hujan. Hal ini terutama berkaitan dengan kebutuhan air pada awal pertumbuhan tanaman. Pelaksanaan tanam yang terlambat atau awal musim hujan telah lewat dapat berakibat tanaman akan mengalami kekeringan.

Sebaliknya penanaman yang dilakukan saat terjadi hujan lebat (khususnya untuk tanaman lahan kering) dapat mengakibatkan benih keluar dari lubang tanam karena terkena benturan air hujan dan akhirnya terbawa aliran air.

5.2.2 Jarak Tanam dan Populasi Tanaman.

Jarak tanaman perlu diatur sedemikian rupa sehingga bagian-bagian tanaman, baik akar ataupun tajuk tanaman tidak saling tumpang tindih (*overlaping*). Bila jarak tanam antar tanaman terlalu dekat, akibatnya terjadi persaingan (kompetisi) dalam pengambilan unsur hara dan air dari tanah serta bila tajuk tanaman saling menutupi, akibatnya penerimaan radiasi surya oleh tanaman kurang optimal yang akan mempengaruhi proses fotosintesis, sehingga produksi tanaman per hektar akan menurun. Jarak tanam juga berpengaruh terhadap timbulnya penyakit. Jarak tanam yang terlalu sempit menciptakan lingkungan yang lebih lembab yang cocok atau sesuai untuk perkembangan beberapa kelompok patogen tertentu. Sebaliknya bila jarak tanam terlalu renggang, jumlah populasi tanaman perhektar akan lebih kecil sehingga jumlah hasilnya pun rendah. Disamping itu, bila jarak tanam terlalu renggang membuat ruang tumbuh cukup luas yang memungkinkan gulma dapat berkembang leluasa. Dengan demikian perlu jarak tanam yang optimal sehingga diperoleh hasil yang secara ekonomis dapat dipertanggungjawabkan. Untuk menentukan jarak tanam yang tepat perlu penelitian yang perlu waktu dan biaya.

Penentuan jarak tanam tergantung pada beberapa faktor antara lain:

a. Daya tumbuh benih

   Benih yang daya tumbuhnya agak rendah perlu ditanam dengan jarak tanam yang lebih rapat

b. Varietas

Umumnya pada tanaman serealia (misalnya jagung, gandum, padi yang jumlah anakannya sedikit), tanaman yang berbatang pendek dianjurkan ditanam dengan jarak tanam lebih rapat daripada yang berbatang panjang (Ilaco, 1981). Demikian halnya pada tanaman kelapa, jarak tanam kelapa dalam 8 m x 8 m atau 9 m x 9 m sedangkan jarak tanam kelapa genjah 6 m x 6 m. Varietas yang banyak bercabang, seperti pada tanaman kedelai, Varietas No. 29 dan Orba dianjurkan ditanam dengan jarak tanam yang agak renggang (Suprapto, 1990). Jumlah anakan (*tillering*) juga mempengaruhi jarak tanam. Kedudukan daun dan jumlah daun; varietas yang mempunyai kedudukan daun vertikal dan jumlah daun yang sedikit, jarak tanam yang optimal bila ditanam dengan jarak tanam yang lebih rapat.

c. Faktor lingkungan (kesuburan tanah, pemupukan, dan iklim)

Pada tanaman kedelai, penanaman pada musim kemarau yang diperkirakan akan kekurangan air, jarak tanam yang dianjurkan lebih rapat guna mengurangi jumlah penguapan air dari tanah (Lamina, 1989 dan Suprapto, 1980)

Pada tanaman kedelai, dapat di anjurkan jarak tanam seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Jarak tanam kedelai untuk berbagai keadaan lingkungan

Lingkungan	Jarak *)	Populasi Tanam / Hektar
Tanah kurus, air kurang	10 X 35 15 X 25	571.428 533.333
Kesuburan tanah se-dang, pengairan cukup	10 X 50 20 X 25 15 X 35	400.000 400.000 380.952
Tanah subur, pengairan cukup	25 X 25 15 X 45 20 X 40	320.000 296.296 250.000

*) Keterangan: dua tanaman per lubang tanam, sumber : Sumarno dan Hartono *dalam* Suprapto (1990).

Jarak tanam yang optimum merupakan interaksi antara varietas, kesuburan tanah, pemupukan dan iklim. Pada tanaman padi yang anakannya banyak dan berdaun banyak, dianjurkan jarak tanam yang lebih lebar yaitu 30 cm x 35 cm pada musim hujan dan pada tanah yang subur (Williams, 1975).

Pada tanaman kedelai, bila tanah kurang subur atau pengairan kurang, dipakai populasi tanaman di atas 500.000 ha^{-1}, pada tanah yang kesuburannya sedang, populasi tanaman 400.000 ha^{-1} dan tanah yang sangat subur populasi tanaman 300.000 ha^{-1}

d. Kemiringan lahan

Pada lahan yang miring jarak tanamnya lebih rapat daripada lahan yang datar, hal ini terkait dengan konservasi lahan untuk mengurangi erosi.

g. Tujuan dari kegunaan produk yang dihasilkan

Misalnya pada tanaman nenas, kalau produk yang dihasilkan untuk tujuan pemasaran (konsumsi) buah segar dianjurkan menggunakan jarak tanaman lebar, tetapi bila produknya untuk tujuan pengalengan (*canning*), dianjurkan jarak tanam yang lebih sempit, supaya buahnya kecil-kecil (Williams, 1975)

Pada tanaman kenaf bila tujuan penanaman untuk diambil seratnya digunakan jarak tanam yang lebih rapat (20 cm x 20 cm)-(20 cm x 15 cm), tetapi bila tujuannya untuk diambil benihnya dianjurkan menggunakan jarak tanam yang lebih lebar 70 cm x 25 cm, karena percabangan semakin banyak, buahnya semakin banyak pula, akan tetapi hal ini tergantung pada varietas, kesuburan tanah dan iklim

h. Kualitas produk dari tanaman yang dihasilkan

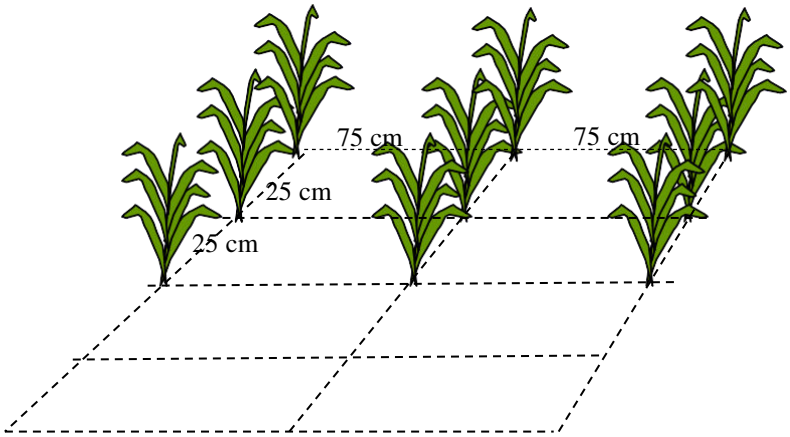
Misalnya pohon-pohon hutan, supaya batangnya lebih lurus, tinggi, batangnya tidak bercabang dianjurkan ditanam lebih rapat. Demikian halnya dengan tanaman kenaf, kalau ditanam dengan jarak tanam yang lebih rapat akan mempengaruhi kualitas serat yang lebih baik (lebih panjang) dibanding dengan jarak tanam yang renggang, sepanjang faktor lingkungan bukan merupakan faktor pembatas, serta tergantung varietas, waktu dan cara panen yang tepat.

Dalam membudidayakan tanaman dianjurkan menggunakan jarak tanam yang teratur (tandur jajar) baik jarak antar barisan tanaman dan jarak tanam dalam baris. Hal ini dimaksudkan untuk:

a. Mempermudah penyiangan gulma
b. Mempermudah pengendalian hama dan penyakit
c. Mempermudah pemupukan
d. Menghindari persaingan air dan unsur hara dari tanah serta terjadinya saling lindung (*shading-effect*) antar tanaman

e. Mengoptimalkan penggunaan lahan dan ruang tumbuh oleh masing-masing tanaman secara merata

Pada umumnya untuk tanaman budidaya sudah ada anjuran tentang jarak tanam, yang didapatkan berdasarkan penelitian. Misalnya pada jagung, jarak tanam untuk jagung hibrida C1 adalah 75 cm x 25 cm sedangkan untuk hibrida CP1 adalah 80 cm x 40 cm (Gambar 17)



Gambar 17. Jarak tanam jagung Hibrida C1

Dalam menentukan jarak antar baris adalah jarak yang lebar sedangkan jarak tanam dalam baris adalah jarak yang sempit.

Contoh : Jarak tanam jagung hibrida C1. 25 cm x 75 cm, hal ini berarti jarak antar barisan tanaman adalah 75 cm dan jarak tanam dalam baris adalah 25 cm. (Gambar 17)

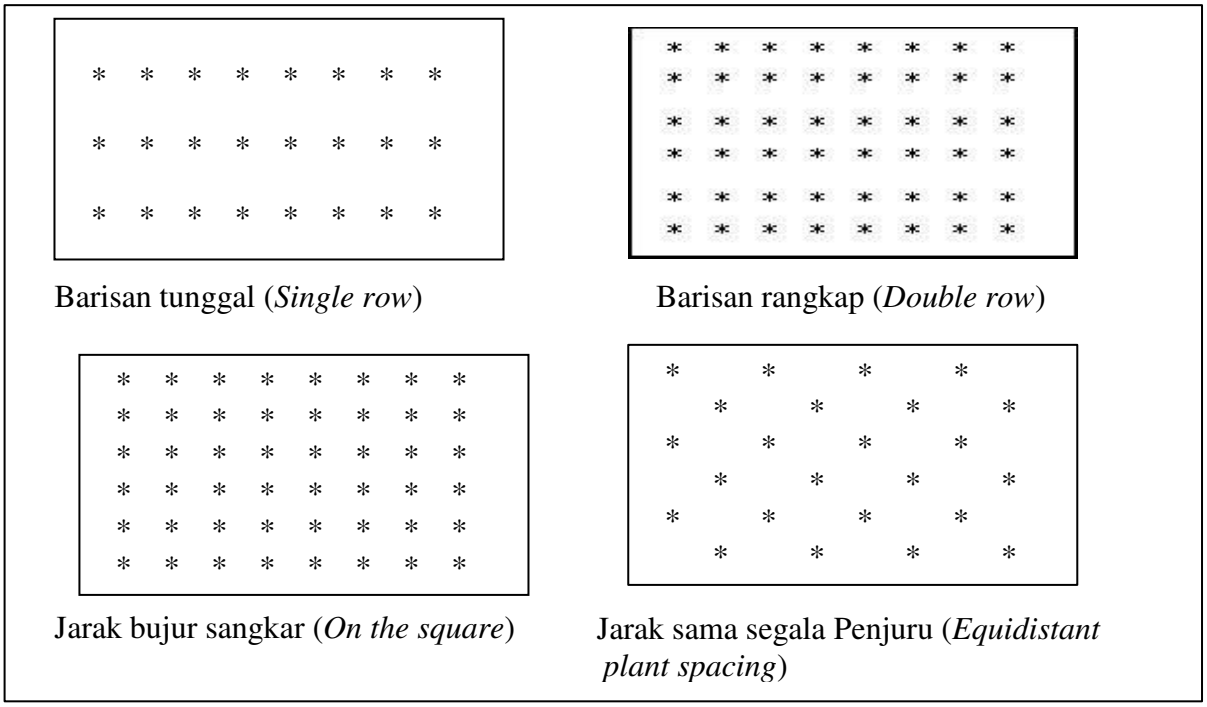
Arah barisan menentukan penerimaan radiasi surya oleh tanaman yang di tanam dalam sebidang lahan. Bila kondisi lingkungan memungkinkan, sebaiknya arah barisan tanaman yang ditanam pada sebidang lahan adalah Timur-Barat. Arah barisan Timur-Barat lebih optimal dalam menggunakan radiasi surya daripada arah barisan Utara-Selatan. Menurut Sri Setyati Haryadi (1979) di lereng yang tidak berteras sebaiknya barisan atau guludan tegaklurus arah lereng; di lereng yang berteras arah barisan sering sejajar lereng atau tegaklurus.

Model jarak tanam. Ada empat (4) model jarak tanam (Sri Setyati Haryadi, 1979) yaitu :

a. Baris tunggal (*Single Row*)
b. Baris rangkap (*Double Row*)
c. Jarak bujur sangkar (*On the Square*)

d. Jarak sama segala penjuru (*Equidistant Plant Spacing*)

Hal ini dapat dilihat pada Gambar 18 .



Gambar 18. Berbagai pengaturan jarak tanam (Sri Setyati Harjadi, 1979)

Diantara empat model jarak tanam tersebut diatas jarak tanam sama (*Equidistant plant spacing*) lebih efisien dalam penggunaan cahaya dari pada model jarak tanam yang lain. Model jarak tanam seperti ini telah dipraktekkan di perkebunan kelapa sawit, yang menanam tanaman kelapa sawit dengan jarak tanam 9 m x 9 m x 9 m, segi tiga sama sisi.

Populasi tanaman (Kerapatan tanam).

Populasi tanaman adalah jumlah tanaman per satuan luas lahan, Misalnya jumlah tanaman per hektar. Populasi tanaman dihitung berdasarkan :

$$\text{Populasi} = \frac{\text{luas lahan (ha)}}{\text{Jarak tanam}} \text{ X Jumlah benih per lubang}$$

Misalnya :

- Tanaman kedelai ditanam dengan jumlah 2 benih perlubang tanam, bila menggunakan:

a. Jarak tanam rapat 20 cm x 20 cm, akan diperoleh populasi tanaman per hektar

$$= \frac{100.000.000\ \text{cm}^2}{400\ \text{cm}^2} \times 2 \text{ tanaman} = 500.000 \text{ tanaman}$$

b. Jarak tanam sedang 40 cm X 15 cm, diperoleh populasi tanaman per hektar

$$\frac{100.000.000\ \text{cm}^2}{600\ \text{cm}^2} \text{ x } 2 \text{ tanaman} = 333.332 \text{ tanaman}$$

c. Jarak tanam renggang 50 cm X 15 cm, diperoleh populasi tanam per hektar

$$\frac{100.000.000\ \text{cm}^2}{750\ \text{cm}^2} \text{ x } 2 \text{ tanaman} = 266.666 \text{ tanaman}$$

Catatan : 1 hektar lahan = 10.000 m^2 = 100.000.000 cm^2.

- Tanaman kelapa sawit jarak tanam optimum adalah segitiga samasisi 9 m X 9 m X 9 m, (Gambar 19). Jumlah populasi kelapa sawit per hektar adalah :

Populasi tanaman kelapa sawit per hektar, dihitung sebagai berikut:

$$\text{Populasi} = \frac{\text{Luas}}{\text{Jarak tanam X jarak antar barisan}}$$

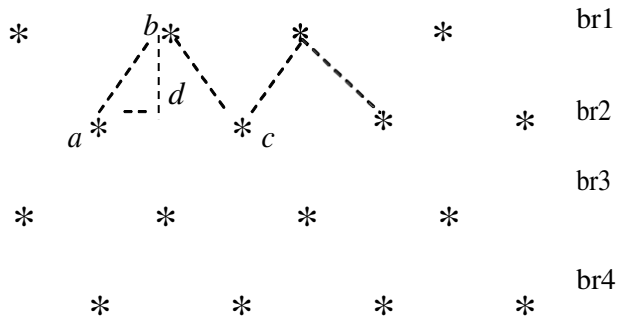
Dimana: jarak antar barisan = d

maka:

$$d = \sqrt{9^2 - (4{,}5)^2}$$
$$d = \sqrt{81 - 20{,}25}$$
$$d = \sqrt{60{,}75}$$
$$d = 7{,}79 \approx 7{,}8\ m$$

Jadi populasi kelapa sawit $= \frac{10000\ \text{m}^2}{9\ x 7{,}8}$

$$= \frac{10000\ \text{m}^2}{70{,}2\ \text{m}^2} = 142{,}45 \approx 143 \text{ pohon ha}^{-1}$$



Gambar 19. Pola jarak tanam kelapa sawit

Keterangan:

a b c = segitiga sama sisi (9m x 9m x 9m)

* = tanaman kelapa sawit

br1, br2, br3, dan br4 = barisan tanaman kelapa sawit

d = jarak antar barisan

5.2.3 Cara Tanam.

Cara tanam ada dua yaitu: a). dapat tanam langsung dilapang produksi (tempat permanen) disebut ”*direct seeding*”. b). Disemaikan dulu dipersemaian atau pembibitan atau *nursery* disebut “*transplanting*” sebelum bibit ditanam ditempat penanaman permanen. Contoh cara tanam *direct seeding* adalah : tanaman jagung, kedelai, padi ladang, dan lain sebagainya.

a. Penanaman secara langsung dapat dilakukan dengan:

- Tanam sebar (*broadcasting*)

  Keuntungannya : mudah, murah dan cepat karena tidak banyak memerlukan tenaga

  Kerugian : jarak tanam tidak teratur sehingga ruang tumbuh tanaman tidak beraturan, keperluan benih relatif lebih banyak, dan pertumbuhan bibit tidak seragam.

- Tanaman dengan tugal (*dibbling*)

  Tugal merupakan alat tanam yang sederhana. Di Indonesia tugal umumnya dibuat dari kayu sepanjang 1,5–2 m, garis tengah 4–5 cm, bagian ujungnya ± 5 cm diruncingkan

  Keuntungan : penggunaan benih lebih sedikit, memberikan jarak tanam yang teratur, pertumbuhan benih cepat dan seragam, dan pertumbuhan bibit yang lebih baik

  Kerugian : memerlukan tenaga kerja yang lebih banyak, lebih mahal, dan memerlukan waktu yang lebih lama.

- Penanaman dengan bajak atau mesin penanam (*transplanter*)

  Penanaman dengan cara ini, benih ditanam dalam alur dari hasil bajak yang ditarik oleh sapi atau kerbau, yang dilakukan pada tanah gembur. Memerlukan

3 orang tenaga kerja, satu orang membuat alur bajak, satu orang menabur benih, dan satu orang lagi di belakang bajak yang menutupi benih dengan tanah. Menanam benih dengan menggunakan mesin penanam (*transplanter*) masih belum banyak dilakukan di Indonesia.

Keuntungan; barisan tanaman lebih teratur, benih ditanam dengan kedalaman yang seragam serta tertutupnya benih dalam barisan tanam olah tanah lebih terjamin, dan populasi tanaman lebih seragam

Kerugian; memerlukan lebih banyak waktu, bahan bakar dan biaya

(Chandra, 1989)

b. Cara tanam *transplanting*

Padi basah, lombok, kelapa sawit dan lain sebagainya. Pada padi basah, bibit yang telah siap dipindahkan ke lapangan, dapat ditanam dengan menggunakan mesin penanam (*transplanter*). Pada kelapa sawit ada dua tahap persemaian, sebelum bibit ditanam di kebun yaitu pembibitan pendahuluan (*pre-nursery*) dan pembibitan utama (*main-nursery*). Khusus bibit tanaman kelapa sawit yang berasal dari kultur jaringan tidak dapat langsung ditanam di pembibitan *pre-nursery*. Hal ini disebabkan temperatur dan kelembapan laboratorium sangat berbeda dengan lingkungan luar. Bibit harus melalui tahap adaptasi terlebih dahulu.

5.2.4. Kedalaman tanam

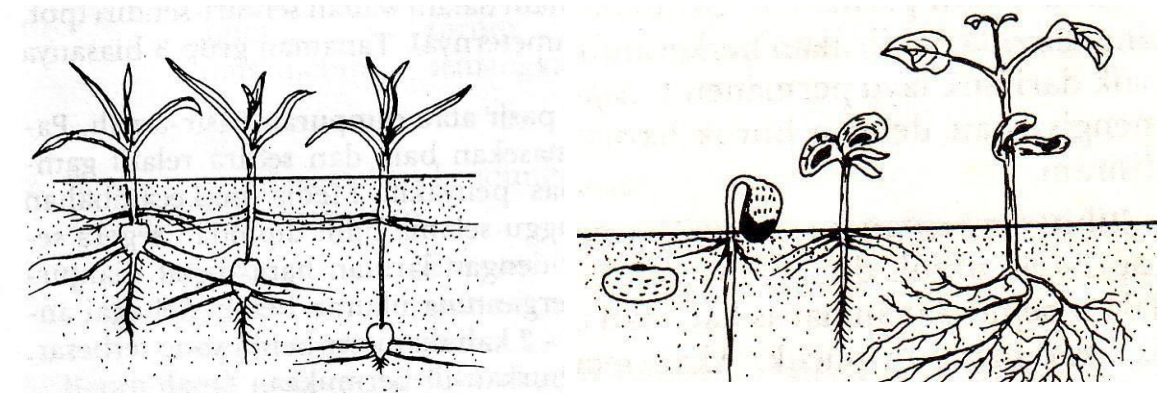
Kedalaman tanam tergantung pada :

a. Tipe perkecambahan.
b. Kandungan air dan oksigen pada tanah atau kelembaban tanah.

Pada umumnya benih dengan keping biji (*Cotyledone*) yang muncul ke atas tanah, biasa memerlukan penanaman lebih dangkal dari pada benih yang keping bijinya tertinggal dalam tanah (Gambar 20). Misalnya keping biji buncis muncul di atas tanah, walaupun benihnya besar, harus ditanam lebih dangkal.

Kandungan air dan oksigen tanah, atau kelembaban tanah mempengaruhi kedalaman tanam. Bila rongga-rongga pori lapisan tanah sebelah atas hampir jenuh (*saturated*), yaitu bila kelembaban tanah tinggi atau di musim hujan, suplai oksigen merupakan faktor pembatas, maka penanaman yang relatif dangkal diperlukan. Sebaliknya bila rongga-rongga pori tanah di bagian lapisan tanah sebelah atas berisi

sedikit jumlah air tersedia, suplai air merupakan faktor pembatas, maka penanaman yang relatif dalam diperlukan. Oleh karena itu pada musim kering (hujan relatif sedikit) benih-benih ditanam lebih dalam dibanding pada musim hujan.



a) b)

Gambar 20. a) tanaman jagung, b) tanaman buncis

Pada penanaman benih jagung kedalaman lubang tanam pada tanah lembab dapat ditanam sedalam 2,5 cm, sedangkan pada tanah cukup kering dapat sedalam 5 cm (Adisarwanto dan Yustina Erna Widyastuti, 2000) Pada tanaman kedelai, benih ditanam sedalam 2-4 cm (Lamina, 1989). Tanaman padi lahan kering, kedalaman lubang tanam 3-5 cm (Prasetyo,1996).

Pada tanaman yang berbentuk pohon (*perennial*) misalnya kelapa sawit, pohon buah-buahan sebelum bibit ditanam harus dibuat lubang tanam, dalamnya lubang tanam berbeda-beda tergantung jenis tanamannya. Kelapa sawit lubang tanamnya berukuran 60 cm x 60 cm x 60 cm, untuk pohon buah-buahan 80 cm x 80 cm x 50 cm, dan untuk tanaman teh berukuran 40 cm x 40 cm x 60 cm.

Dalam membuat lubang, tanah sebelah atas dibuang ke sebelah kiri lubang dan tanah lapisan bawah dibuang ke sebelah kanan lubang tanam, dan dibuat/dilakukan 3–4 minggu sebelum tanam.

Penanaman bibit setinggi batas akar (leher akar) pada permukaan tanah, bibit yang ditanam terlalu dangkal berdirinya batang tidak kuat, sebaliknya bibit yang ditanam terlampau dalam akan terhambat pertumbuhannya.

5.3. Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman sangat penting dalam pembudidayaan tanaman. Hal-hal yang penting untuk dilakukan adalah penyulaman dan penjarangan, pembubunan, pengairan, pengendalian hama penyakit dan pengendalian gulma.

5.3.1. Penyulaman dan penjarangan

Benih yang tidak tumbuh perlu disulam. Penyulaman dilakukan dengan cara menugal kembali lubang tanam dan mengganti dengan benih dari jenis yang sama. Kegiatan ini untuk tanaman semusim (misalnya; jagung, kedelai dan lain-lain) dilakukan 7-10 hari setelah tanam (HST). Penyulaman dilakukan agar jumlah tanaman per satuan luas akan tetap optimum sehingga target produksi akan tetap tercapai. Jika penyulaman terlambat, pertumbuhan tanaman bisa tidak seragam. Keadaan ini akan menyulitkan pemeliharaan serta mendorong berkembangnya hama dan penyakit. Pada tanaman kelapa sawit penyulaman disebut penyisipan. Penyisipan tidak boleh terlambat, sebab tanaman akan menjadi tidak homogen dan produktivitasnya akan menurun. Tanaman yang mati terserang hama atau kurang sehat harus segera diganti. Bibit yang dianggap standar dan normal yang dapat ditanam di lapangan antara 10–12 bulan. Penggunaan bibit yang terlalu muda di bawah umur 8 bulan, sering mendapat serangan hama yang akibatnya banyak menyisip. Sebaliknya bibit yang terlalu tua, lebih 20 bulan sering mengalami "*transplanting shock*" pertumbuhannya akan mengalami stagnasi dan lambat berproduksi.

Penyisipan pada tanaman kelapa sawit dilakukan pada 1 bulan setelah tanam, dan setelah tanaman umur 6 tahun sebaiknya tidak disisip lagi (Suyatno Risza, 1995).

Penjarangan, umumnya hanya dilakukan pada tanaman semusim, biasanya dilakukan 10-15 hari setelah tanam. Caranya dengan memotong batang tanaman menggunakan gunting atau pisau tajam. Tanaman yang disisakan berupa tanaman yang pertumbuhannya sehat, kokoh dan vigor. Walaupun dilakukan penjarangan, jumlah tanaman yang harus disisakan tetap sesuai dengan rencana jumlah tanaman (populasi) yang optimal per hektarnya.

5.3.2. Pembumbunan

Tujuan membumbun adalah supaya:

a. Diperoleh akar-akar baru atau rumpun yang baik terutama pada tanaman monokotil.
b. Tumbuh dan berhenti beranak, misalnya tebu.
c. Tidak rebah, misalnya jagung.
d. Terhindar dari serangan hama, misalnya ubijalar dan kentang.

Cara membumbun adalah dengan menutup bagian perakaran tanaman yang akan dibumbun dan menggemburkannya.

Membumbun biasanya dilakukan bersamaan dengan menyiang, misalnya pada tanaman jagung dan ubi kayu dilakukan pada waktu menyiang kedua pada saat tajuk daunnya mulai akan terbuka (jagung).

5.3.3. Pengairan

Untuk keberhasilan produksi tanaman harus disuplai air sesuai dengan kebutuhannya.

Terdapat klasifikasi tanaman menurut kebutuhan airnya. Pada salah satu keadaan ekstrem, adalah hidrofit, tanaman-tanaman yang hidup dalam air. Golongan hidrofit sering dicirikan dengan kebutuhan oksigen yang rendah dan sistem perakaran yang berkembang buruk. Golongan *mesofit*, kebutuhan air sedang, memiliki sistem perakaran yang berkembang baik, dan didapati khas pada tanah-tanah yang telah berkembang dan matang. Pada keadaan ekstrem lain adalah *xerofit*, yang tumbuh pada habitat kering dan telah melalui berbagai adaptasi yang menyebabkannva tumbuh dan membiak di tanah-tanah yang sangat kering (Sri Setyati Harjadi, 1979)

Dalam pemberian air, perlu diperhatikan kebutuhan air dari setiap tanaman, demikian pula setiap tahap dari tiap tanaman tertentu, misal: tanaman padi pun, tidak selalu harus digenangi terus-menerus; pada saat-saat tertentu, menjelang pembungaan, perlu sawah disat, dikeringkan. Penggenangan harus teratur dan diawasi, sehingga tidak akan terjadi suatu periode kekeringan yang cukup lama hingga terjadi merajalelanya gulma .

Pada umumnya tanaman banyak membutuhkan air pada awal tumbuhnya (*seedling stage*) di mana fase vegetatif dominan. Pada saat tanaman menjelang

pembungaan, air perlu dikurangi.

Jumlah air yang diberikan sebaiknya teratur sehingga fluktuasi jumlah air total tidak terlalu besar. Suplai air yang hampir merata sepanjang kehidupan tanaman, selalu ideal untuk tanaman yang dibudidayakan. Dalam memberikan air, perlu dijaga agar permukaan tanah tidak menjadi padat (terutama pada tanah-tanah yang bertekstur halus), sebab dapat mengurangi infiltrasi air maupun udara. Pemberian air secara siram harus dilakukan sedemikian rupa, sehingga yang jatuh di permukaan tanah adalah percikan-percikan halus.

Perlu dijaga agar tanaman jangan sampai mengalami kekeringan (*drought*) dulu baru tanaman disiram. Ingat bahaya bila titik layu permanen telah dicapai. Berbagai definisi kekeringan (*drought*) telah diajukan. Di antaranya: suatu periode di mana keadaan air tanah membatasi pertumbuhan; suatu periode di mana tanah berisi sedikit atau lama sekali tidak ada air; suatu periode selama 14 hari terus-menerus tidak ada hujan; suatu periode selama 21 hari atau lebih di mana hujan hanya 30 persen hujan normal selama periode tersebut.

Tanggapan tanaman terhadap kekeringan beraneka ragam. Ketahanan terhadap kekeringan tergantung pada beberapa faktor yang saling bertautan: jumlah luas permukaan sistem perakaran, potensi pertumbuhan akar, ada tidaknya cendawan mikorhiza, modifikasi daun, sikap stomata.

Jumlah luas permukaan pada perakaran berpengaruh kepada tanggapan tanaman terhadap kekeringan. Tanaman yang memiliki akar besar-besar dan sedikit percabangan memiliki sedikit luas permukaan absorpsi dan hanya sedikit dapat mengekstraksi air dibandingkan sistem perakaran yang lebih halus dan banyak akar-akar yang memiliki lapisan perrnukaan dengan suberisasi tebal mengabsorpsi sedikit air.

Potensi pertumbuhan akar merupakan aspek nyata dalam ketahanan terhadap kekeringan. Bila tanaman memiliki cadangan makanan yang banyak, akar terus tumbuh dalam perioda kekeringan dan memasuki daerah baru dari air tanah kapiler yang kalau tidak begitu tidak akan tersedia bagi tanaman

Ketahanan kekeringan pada spesies tertentu dipengaruhi kehadiran cendawan mikorhiza. Hipha cendawan, yang berada dalam hubungan intim dengan akar dan kontak dengan tanah, mengabsorpsi air yang kalau tidak dengan cara ini tidak tersedia bagi tanaman.

Di samping kekeringan yang sesungguhnya, tanaman dapat mengalami kekeringan fisiologi. Hal ini terjadi bila secara fisik air tidak dalam keadaan kekurangan, bahkan kadang-kadang dalam keadaan berlebihan, seperti pada keadaan kebanjiran. Dalam keadaan begini, karena kejenuhan air, kekurangan oksigen dan kebanyakan CO_2, fungsi akar dalam absorpsi air malah terganggu. Karena itu drainase yang baik perlu dilakukan pada tanah yang kebanyakan air (basah).

Aerasi yang buruk sering berbarengan dengan terjangkitnva penyakit. Tanaman-tanaman yang diperlemah oleh aerasi buruk lebih peka pada penyakit-penyakit tertular tanah daripada tanaman biasa.

Permukaan air tanah yang tinggi menghambat perkembangan akar. Pada daerah-daerah dengan tinggi air tanah 50-60 cm, akar pohon-pohonan berada rapat di permukaan, tapi hanya sedikit menembus tanah. Sebagai akibatnya kadang-kadang sistem perakaran berkembang menjadi seperti payung terbalik konfigurasinya, sehingga peka pada angin keras.

Dalam hubungan dengan produksi tanaman, air harus dikelola secara baik dan ekonomik. Ini menyangkut irigasi, yaitu penambahan suplemen air, drainase. yaitu pembuangan kelebihan air dan konservasi, yaitu perlindungan sumber-sumber air.

Irigasi diberikan menurut 3 cara yaitu: a. irigasi permukaan, air didistribusikan di seluruh permukaan tanah; b. irigasi penyiraman, pemberian air di bawah tekanan, seperti hujan buatan; c. subirigasi, distribusi air ke tanah di bawah permukaannya untuk memberi kelembaban kepada tanaman lewat gaya kapiler ke atas. Masing-masing sistem sesuai dengan sistern bertanam tertentu.

Untuk tujuan pertanian, air diukur dalam istilah volume dan kecepatan mengalir. Volume diberikan dalam gallon, kaki kubik, ha-cm dan lain-lain. Suatu ha-cm dari air adalah jumlah air yang akan menutupi 1 hektar tanah sedalam 1 cm, dan kira-kira sebanyak 100 m^3 atau 100.000 liter. Kecepatan mengalir dinyatakan dalam liter tiap detik, liter tiap menit, hektar sentimeter tiap hari dan sebagainya.

Irigasi permukaan merupakan cara yang paling umum dikenal di Indonesia adalah sistem leb dari sawah. Air dibawa lewat parit-parit agak datar dengan kecepatan rendah untuk menghindari erosi. Parit dapat diaspal, disemen dan diberi plastik atau tumpukan rumput-rumput untuk menghindari bocornya air ke bawah. Dalam sistem leb, harus cukup waktu untuk membiarkan air menutupi seluruh

permukaan dan cukup masuk ke dalam tanah, agar lama tinggal di situ untuk mensuplai akar tanaman. Dalam hal ini harus dibuat parit pembuangan air, untuk kelebihan air sesudah kapasitas lapang tercapai. Irigasi permukaan biasa diberikan kepada tanaman yang menutup rata tanah, seperti padi dan padang rumput. Dikenal cara leb (*flood irrigation* dan *contour irrigation*); untuk tanaman berbaris-baris digunakan *furrow irrigation.*

Irigasi siraman. Di negara-negara yang telah maju, cara ini telah banyak dilakukan dengan pipa-pipa otomatik. Di Indonesia belum banyak dilakukan, kecuali untuk padang-padang rumput milik orang berada. Tetapi cara siraman meluas dilakukan petani dengan tangan, yaitu dengan gayung atau gembor atau ujung pipa plastik. Keuntungan cara siram adalah: lebih seragam dan tepat, pada tiap jenis tanah dan tanaman. Akibatnya masalah drainase kecil, dan erosi tidak akan jadi masalah di daerah miring pun. Air dapat lebih ekonomik daripada sistem leb. Pupuk dapat diberikan bersama air siraman. Kerugian sistem siram adalah mahalnya peralatan pada awalnya, dan air harus bersih. Dengan siraman tangan; biaya tenaga kerja tinggi sekali (bawang merah di Brebes).

Drainase. Cara-cara pembuatan bedengan, guludan dalam persiapan tanah, merupakan usaha untuk membuang kelebihan air. Kadang-kadang pada daerah lembab, perlu pipa drainase yang dibenamkan dalam tanah.

5.4. Pengendalian Hama, Penyakit Tanaman dan Gulma

5.4.1. Hama Tanaman

Menurut Hasan Basri Jumin (1991), dari sekian banyak musuh tanaman hama memegang peranan penting, karena jumlahnya yang cukup banyak dan hampir separoh mengganggu kehidupan manusia. Diperkirakan lebih kurang 1.500 spesies hama yang menempati permukaan bumi.

Kerugian akibat hama pada tanaman antara lain:

a. Mengurangi hasil tanaman
b. Mengurangi mutu (kualitas) hasil tanaman
c. Mempercepat terjadinya infeksi penyakit pada tanaman
d. Menambah biaya produksi, karena diperlukan biaya pemberantasan

Hama merusak tanaman dengan cara memakan bagian tanaman, mengisap

cairan dalam jaringan tanaman, memamah dan menusuk serta bertelur pada tanaman. Bentuk kerusakan tanaman tergantung pada tipe mulut hama.

Kehidupan hama dikontrol oleh dua faktor yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal (biotik potensial) adalah segala proses kehidupan dari dalam tubuh hama untuk memacu kehidupannya. Sedangkan faktor eksternal (*environment resistant*) adalah faktor lingkungan yang langsung berpengaruh terhadap kehidupannya, misalnya suhu, cahaya, kelembaban udara, faktor iklim lainnya, faktor biologis dan gangguan manusia terhadap kehidupannya (pemberantasan hama tanaman).

Pemberantasan hama dilakukan dengan cara:

a. Penggunaan varietas tahan (resisten)

Usaha pemberantasan hama yang paling mudah adalah dengan menggunakan varietas yang tahan, misalnya padi agar tidak diserang wereng dengan menanam varietas PB 26, PB 28, PB 30. Sifat-sifat kimia dan fisik atau morfologis tanaman yang tahan tidak disukai oleh hama, sehingga hama akan kekurangan makanan dan sekaligus berpengaruh terhadap populasi hama.

b. Teknik budidaya

Mengatur masa tanam, rotasi tanaman dan pergiliran tanaman merupakan salah-satu cara memberantas hama dengan teknik budidaya. Cara itu bertujuan untuk memutuskan dan memperpendek masa tersedianya makanan hama. Kebanyakan hama tergantung pada jenis makanan tertentu. Dengan terputus dan bergantinya tanaman yang ditanam, kesempatan hama untuk menikmati makanan yang disenanginya akan terputus. Hal ini akan menghambat perkembangan populasi hama sampai batas yang tidak membahayakan pada tanaman.

c. Sanitasi

Tempat hidup hama selain tanaman yang dibudidayakan, juga pada semak-semak dan rerumputan lainnnya. Membersihkan tanaman dari rumput dan tanaman liar yang mungkin menjadi tempat hidup dan bertelur ataupun makan hama sangat diperlukan, dalam usaha mengurangi populasi hama. Memusnahkan sisa tanaman yang berada di lahan pertanian, juga termasuk dalam usaha sanitasi untuk memberantas hama, karena sisa tanaman itu akan memungkinkan hama dapat bertahan hidup sampai masa tanam berikutnya. Hal ini berlaku pada tanaman semusim.

d. Penggunaan Insektisida

Populasi hama yang telah melampaui batas ambang ekonomi (tingkat membahayakan), penggunaan insektisida dapat dianjurkan. Penerapan cara ini sebenamya apabila cara-cara penggunaan varietas tahan, teknik budidaya dan sanitasi tidak lagi menunjukkan gejala menurunkan populasi hama. Penyemprotan hendaknya dilakukan berulang-ulang dengan konsentrasi yang rendah. Penyemprotan insektisida sebaiknya diarahkan pada stadium mana hama sangat lemah, misalnya stadium nimfa dan imago. Penyemprotan berikutnya dilakukan apabila penyemprotan pertama tidak menunjukkan tanda-tanda penurunan populasi hama dan mungkin saja konsentrasi insektisida ditingkatkan. Pemilihan insektisida yang efektif dan aman mutlak diperlukan, karena harus diingat bahwa penggunaan insektisida membawa dampak yang tidak baik terhadap tanaman dan lingkungan. Akibat penggunaan insektisida yang kurang tepat menimbulkan ketahanan terhadap insektisida pada hama, terjadinya resurjensi hama dan letusan hama kedua yang lebih dahsyat akibat terbunuhnya musuh alami hama dan berkurangnya kompetisi antar hama. Keunggulan penggunaan insektisida dapat mengurangi populasi hama dalam waktu singkat.

e. Cara Biologi

Setiap hama mempunyai musuh alami yang langsung dapat menekan jumlahnya. Pemberantasan hama dengan cara biologi diarahkan supaya hama secara alami dapat berkompetisi dengan organisme sekitar lingkungannya. Musuh alami hama dapat berupa predator dan parasit. Misalnya parasit wereng padi adalah dari famili Trichogrammatidae yang merupakan parasit telur dan predatomya adalah kumbang *Coccinella arcuata.* Hama *Plutella maculipennis* pada kubis yang diparasit oleh *Angitaria.*

Untuk mengintroduksi predator atau parasit menghendaki modal besar. Tetapi apabila parasit yang diterapkan efisien dapat bertahan lebih lama dan cara biologi ini tidak mencemarkan lingkungan seperti penerapan insektisida. Penerapan cara pemberantasan biologi harus mengusahakan pendistribusian parasit seefisien mungkin agar tercipta keseimbangan biologi antara parasit dengan hama. Keseimbangan yang diharapkan adalah parasit dapat mengurangi populasi hama

sampai tidak membahayakan, tetapi bukan memusnahkan hama yang menjadi hama tanaman itu.

f. Pengendalian hama terpadu

Pengendalian hama terpadu (*Integrated Pest Control*) adalah perpaduan semua metode dan teknik pengendalian hama dalam suatu program untuk mengelola populasi hama, agar kerusakan ekonomis dapat dihindarkan dan pengaruh sampingan yang merugikan dapat ditekan seminimal mungkin.

Ciri-ciri pengendalian hama terpadu menurut Untung (1985) dalam Hasan Basri Jumin (1991) adalah:

Tujuan utama bukanlah pemusnahan, pembasmian atau pemberantasan hama, tetapi pengendalian populasi hama agar tetap berada di bawah suatu tingkatan atau aras yang dapat mengakibatkan kerugian ekonomis. Strategi pemberantasan hama terpadu bukanlah eradikasi atau pemberantasan (*eradication*) hama tetapi pembatasan (*containtment*). Pengendalian hama mengakui bahwa ada suatu jenjang toleransi manusia terhadap populasi hama atau terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh hama. Pandangan yang menyatakan bahwa setiap individu hama yang di lapangan adalah berbahaya dan harus diberantas tidak sesuai dengan pengendalian hama terpadu. Dalam keadaan tertentu ada kemungkinan bahwa adanya individu hama atau binatang malahan berguna bagi manusia.

Dalam melaksanakan pengendalian hama digunakan semua metode atau teknik pengendalian yang dikenal. Pengendalian hama terpadu tidak tergantung pada satu cara pengendalian tertentu seperti penggunaan pestisida saja, atau penanaman varietas tahan hama saja, tetapi semua teknik pengendalian dikombinasikan secara terpadu dalam satu kesatuan sistem pengelolaan. Pengendalian hama yang hanya bertumpu pada satu teknik pengendalian sering disebut dengan pengendalian secara unilateral, sedangkan pengendalian hama terpadu merupakan pengendalian secara multilateral.

Dalam mencapai sasaran utama pengendalian hama terpadu yaitu mempertahankan, populasi hama di bawah kerusakan ekonomi sehingga produktivitas pertanian dapat diusahakan pada tingkat yang tinggi, maka perlu diperhatikan beberapa kendala, yaitu:

- Kendala sosial dan ekonomi yang berarti bahwa pelaksanaan pengendalian hama terpadu harus dapat didukung oleh kelayakan sosial ekonomi masyarakat setempat.
- Kendala ekologi yang berarti bahwa dalam penerapan pengendalian hama terpadu harus secara ekologis dapat dipertanggungjawabkan dan tidak menimbulkan kegoncangan dan kerusakan lingkungan yang merugikan bagi binatang yang berguna, margasatwa, manusia dan lingkungan pada umumnya baik pada saat ini maupun masa mendatang.

Pengendalian hama terpadu tidak hanya memperhatikan sasaran jangka pendek, tetapi juga sasaran jangka panjang, yang selalu kelestarian produksi dan pengelolaan lingkungan.

Langkah-langkah pokok yang harus dilalui dalam pengendalian hama terpadu antara lain:

- Identifikasi dan analisa status hama yang harus dikelola.
- Mempelajari anasir dan saling tindak dalam ekosistem.
- Penetapan dan pengembangan ambang ekonomi.
- Pengembangan sistem pengamatan dan monitoring hama.
- Pengembangan model deskriptif dan peramalan hama.
- Pengembangan strategi pengelalaan hama
- Penyuluhan pada petani agar menerima dan menerapkan pengendalian hama terpadu
- Pengembangan organisasi pengendalian hama terpadu.

Beberapa taktik dasar pengendalian hama terpadu menurut Untung dalam Hasan Basri Jumin (1991) antara lain:

- Pemanfaatan pengendalian hayati yang asli di tempat tersebut.
- Pengelolaan lingkungan dengan cara bercocok tanam.
- Penggunaan pestisida secara terpilih termasuk yang bersifat fisiologis, ekologis dan selektivitas melalui perbaikan teknik aplikasi dan pengetahuan akan sifat perilaku hama.

5.4.2. Penyakit Tanaman

Pada prinsipnya teknik pengendalian penyakit tanaman sama dengan teknik pengendalian hama tanaman. Yang membedakan kedua teknik pengendalian itu

hanyalah objeknya. Objek hama tanaman pada umumnya lebih besar dan dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi penyakit tanaman lebih halus (jasad mikro). Objek hama tanaman adalah binatang, tetapi objek penyakit tanaman selain binatang juga tumbuhan dan virus atau jasad mikro lainnya (Hasan Basri Jumin, 1991).

Selain teknik dan metode pengendalian hama yang telah disebutkan terdahulu, dalam pengendalian penyakit tanaman ada hal penting perlu mendapat perhatian, yaitu:

a. Perlakuan fungisida terhadap benih (*seed treatment*)
b. Perlakuan fungisida terhadap tanah (*soil treatment*)

Pemberian fungisida pada benih sebelum ditanam bertujuan untuk menghindarkan benih dari serangan penyakit, yang mungkin menyebabkan benih busuk sebelum atau selama perkecambahan dan pencegahan pada bibit yang masih muda. Pada umumnya perlakuan fungisida terhadap benih dapat dibedakan antara disinfektan dan protektan. Sebagai disinfektan, misalnya: sublimat, formaldehyde alkohol, air panas, sedangkan sebagai protektan, misalnya fungisida ikatan merkuri organik, ikatan belerang organik, ikatan tembaga dan seng.

Untuk mencegah serangan penyakit tanaman yang berasal dari tanah sering dilakukan dengan pemberian fungisida. Fungisida yang dipakai misalnya ethylene dibromide-chlordane, ethylene dibromide, calcium cyanide, dan methyl bromide.

Penerapan fungisida melalui tanah banyak faktor yang harus diperhatikan, di antaranya tipe tanah, suhu tanah, kandungan air tanah, bahan fungisida, dosis dan biaya.

5.4.3. Pengendalian Gulma

Gulma merupakan tumbuhan yang tumbuh pada waktu, tempat, dan kondisi yang tidak diinginkan manusia. Untuk memperoleh kuantitas maupun kualitas produksi yang maksimal, penyiangan dan pengendalian gulma perlu diperhatikan. Pengendalian gulma (*weed control*) dapat didefinisikan sebagai proses membatasi infestasi gulma sedemikian rupa sehingga tanaman dapat dibudidayakan secara produktif dan efesien. Dalam pengendalian gulma tidak ada keharusan untuk membunuh seluruh gulma, melainkan cukup menekan pertumbuhan atau mengurangi populasinya sampai pada tingkat penurunan produksi yang terjadi tidak berarti atau keuntungan yang diperoleh dari penekanan gulma sedapat mungkin seimbang dengan

usaha ataupun biaya yang dikeluarkan. Dengan kata lain pengendalian bertujuan hanya menekan populasi gulma sampai tingkat populasi yang tidak melampaui ambang ekonomik (*economic threshold*), sehingga sama sekali tidak menekan populasi gulma sampai nol (Sukmah dan Yakup, 1995).

Gulma sering dikonotasikan ke dalam kompetisi/campur tangannya terhadap aktivitas manusia/pertanian. Dalam pertanian, gulma tidak dikehendaki karena: a. menurunkan produksi akibat bersaing dalam pengambilan unsur hara, air, sinar matahari, dan ruang hidup; b. menurunkan mutu hasil akibat kontaminasi dengan bagian-bagian gulma; c. mengeluarkan senyawa allelopati yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman; d. menjadi inang *(host)* bagi hama dan patogen yang menyerang tanaman; e. mengganggu tata-guna air; dan f. secara umum meningkatkan biaya usahatani karena meningkakan kegiatan di pertanaman, dimana penyiangan padi sawah memerlukan input tenaga kerja 17 % (di Jawa) dan 27 % (di Sumatera). Mengingat keberadaan gulma menimbulkan akibat-akibat yang merugikan maka harus dilakukan usaha-usaha pengendalian yang teratur dan terencana. Sehingga pengendalian gulma bukan lagi merupakan usaha sambilan, tetapi harus merupakan usaha tersendiri yang efisien, rasional berdasarkan pertimbangan ilmiah yang teruji, dan sebagai bagian dari pengelolaan organisme pengganggu yang merupakan komponen pokok dalam proses produksi pertanian.

Terdapat beberapa metode/cara pengendalian gulma yang dapat dipraktekkan di lapangan. Sebelum melakukan tindakan pengendalian gulma sangat penting bagi kita memilih cara yang paling tepat untuk suatu jenis tanaman budidaya dan gulma yang tumbuh di suatu daerah.

Teknik pengendalian yang tersedia adalah:

a. Pengendalian dengan upaya preventif (pembuatan peraturan/ perundangan, karantina, sanitasi, dan peniadaan sumber invasi).
b. Pengendalian secara mekanis/fisik (pengerjaan tanah, penyiangan, pencabutan, pembabatan, penggenangan dan pembakaran).
c. Pengendalian secara kultur-teknis (penggunaan jenis unggul terhadap gulma, pemilihan saat tanam, cara tanam-perapatan jarak tanam/*heavy seeding*, tanaman sela, rotasi tanaman dan penggunaan mulsa).

d. Pengendalian secara hayati (pengadaan musuh alami, manipulasi musuh alami dan pengelolaan musuh alami yang ada disuatu daerah).
e. Pengendalian secara kimiawi (herbisida dengan berbagai formulasi, surfaktan, alat aplikasi dsb).
f. Pengendalian dengan upaya memanfaatkannya (untuk berbagai keperluan seperti sayur, bumbu, bahan obat, penyegar, bahan kertas/karton, biogas, pupuk, bahan kerajinan dan makanan temak).

Ditinjau dari berbagai teknik pengendalian yang tersedia, biasanya cara yang digunakan tergantung tingkat usaha-tani, tanaman yang diusahakan, kultur teknis, kemampuan teknologi, dan status ekonomi petani. Pengendalian gulma tanpa herbisida biasanya sangat mahal dan kurang efisien. Sebagai contoh di Amerika Serikat pengendalian mekanis gulma air memerlukan biaya 7-10 kali lipat dibandingkan pcngendalian dengan herbisida, sedang di Indonesia pengendalian mekanis gulma air di Rawa Pening memerlukan biaya sekitar 6-8 kali lebih mahal daripada cara kimia. Pengendalian hayati merupakan harapan lain yang ternyata juga tidak cukup bisa diandalkan, karena hanya beberapa jenis gulma yang dapat dikendalikan secara hayati. Pengendalian gulma di perkebunan dengan penggembalaan, misalnya dengan biri-biri juga merupakan salah satu kemungkinan cara pengendalian yang didasarkan pada kemampuan alam seperti jenis tanaman yang dapat tumbuh cepat, tajuknya cepat menutup tanah dan mampu mengadakan persaingan dengan gulma, ternyata belum dikembangkan dengan baik (baru dalam taraf penjajagan dan percobaan). Kemungkinan lain yang sedang dikembangkan adalah pengendalian dengan memadukannya bersama cara pengelolaan tanaman yang lain seperti pemupukan. Pengendalian gulma di Indonesia masih banyak dilakukan dengan tenaga manusia, meski demikian penggunaan herbisida juga menunjukan gejala yang meningkat. Pengendalian gulma dengan herbisida banyak dilakukan di perkebunan teh, karet, kelapa sawit, kelapa, tebu, kapas, kina dan coklat.

BAB VI. PUPUK DAN PEMUPUKAN

Pertanian pada dasarnya menambang unsur hara melalui hasil panen yang diangkut, baik berupa bagian vegetatif (daun, batang, akar), maupun dari bagian generatif (biji). Selain hilang karena terikut hasil panen, unsur hara juga berkurang karena adanya erosi terutama akibat terbawa oleh aliran permukaan (*run off*). Karena hal tersebut maka unsur hara di dalam tanah semakin berkurang, dan mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman.

Berbagai usaha dapat dilakukan untuk mengurangi hilangnya unsur hara, yaitu meminimalkan biomasa yang di angkut dalam arti hanya hasil yang mempunyai nilai ekonomis saja yang di angkut keluar lahan. Misalnya pada tanaman padi, maka sebaiknya hanya gabah saja yang di angkut ke luar lahan, sedangkan bagian lainnya yaitu jerami sebaiknya ditinggal di lahan, sehingga ada pengembalian unsur hara ke tanah atau mengurangi pengurasan unsur hara dari tanah tersebut.

Semakin besarnya permintaan terhadap hasil pertanian dan bahan pangan, maka tanaman telah dipacu agar dapat memberikan hasil yang setinggi-tingginya. Hal tersebut membawa konsekuensi semakin terkurasnya unsur hara. Penggunaan varietas unggul yang mampu memberikan hasil yang tinggi, memerlukan unsur hara yang memadai agar sifat unggulnya muncul. Di suatu sisi hasil yang diperoleh dari hasil panen sangat menguntungkan dengan semakin tingginya hasil; tetapi disisi lain juga berarti semakin banyak unsur hara yang berkurang. Unsur hara yang diambil oleh tanaman bervariasi pada berbagai jenis tanaman (Tabel 4).

Untuk mengimbangi kebutuhan tanaman tersebut, maka perlu adanya penambahan unsur hara, yaitu dengan pemberian pupuk. Pemberian pupuk ini diharapkan mampu memperbaiki pertumbuhan tanaman dan dapat memberikan hasil yang memadai. Oleh sebab itu pemberian pupuk sebaiknya harus sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Untuk pertumbuhan normal tanaman memerlukan paling tidak 16 unsur essensial (Tisdale dan Nelson, 1970; Gardner et al, 1985). Dari jumlah tersebut, 3 unsur hara yaitu Carbon (C), Hidrogen (H) dan Oksigen (O) diperoleh dari udara, sedangkan 13 unsur hara berasal dari tanah. Unsur hara yang berasal dari tanah tersebut terdiri dari unsur hara makro (N, P, K, S, Mg, dan Ca) dan mikro (Fe, Mn,

Zn, Ca, B, Mo, dan Cl) (Marschner, 1986). Disamping itu terdapat unsur hara yang penting untuk beberapa jenis tanaman seperti Na, dan Si. Beberapa unsur hara lainnya masih terdapat unsur lain yang fungsinya bagi tanaman belum dapat dijelaskan secara rinci.

Tabel 4. Jumlah unsur hara makro yang diambil tanaman per hektar

Tanaman	Hasil (kg ha^{-1})	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
Padi sawah	5.000 jerami 2.500 gabah	22 23	11 12	50 12	13 2	6 4
Jagung	2.200 biji 2.000 batang	27 10	13 4	12 22	1 -	4 -
Tebu	150.000 batang	150	53	230	38	43
Ubi kayu	52.000 batang 59.000 umbi	64 42	43 64	212 350	142 60	43 31
Kentang	10.000 umbi	35	16	50	45	-
K. Tanah	1.100 biji	45	24	61		

Sumber : Pinus Lingga, 1998.

6.1. Arti Pupuk dan Pemupukan

Pupuk adalah bahan yang digunakan untuk menaikan produksi tanaman.

Pupuk dalam arti luas : bahan yang digunakan untuk merubah keadaan fisik, kimia, dan biologi tanah sehingga sesuai dengan yang dibutuhkan tanaman.

Pemupukan : usaha memberikan pupuk ke tanah agar keadaan fisik, kimia, dan hayati tanah sesuai dengan yang dibutuhkan tanaman.

Tiga alasan dilakukan pemupukan :

a. Merubah kesuburan tanah. Dengan menambah jumlah absolut unsur di tanah serta mengubah perbandingan unsur-unsur di tanah .
b. Mengganti unsur-unsur yang hilang oleh penghanyutan (erosi), dan air pengairan.
c. Mengganti unsur-unsur yang terbawa waktu panen.

6.2. Penggolongan Pupuk

6.2.1. Berdasarkan terjadinya dibedakan pupuk alam dan pupuk buatan

a. Pupuk alam

Pupuk alam merupakan pupuk yang terbentuk di alam, penggunaannya tanpa atau hanya sedikit saja diproses. Beberapa contoh pupuk alam misalnya pupuk kandang, pupuk hijau, gambut, kompos, tinja, dan lain-lain. Pupuk alam biasanya kandungan unsur haranya lebih rendah dibandingkan pupuk buatan, tetapi mengandung unsur hara yang komplek, dalam arti mengandung lebih dari satu unsur hara. Kelebihan pupuk alam dibandingkan pupuk buatan adalah dapat memperbaiki sifat fisik tanah, sehingga dengan menggunakan pupuk alam sifat fisik tanah dapat diperbaiki.

b. Pupuk buatan atau pupuk pabrik.

Pupuk buatan merupakan pupuk yang diproduksi dengan menggunakan teknologi yang khusus dan dilakukan di pabrik. Proses tersebut melalui perubahan-perubahan kimia baik dari pupuk buatan, maupun dari bahan dasar sederhana.

6.2.2. Berdasarkan jumlah kandungan unsur-unsurnya.

Dibedakan pupuk tunggal dan pupuk majemuk:

a. Pupuk tunggal

Pupuk tunggal yaitu pupuk ysng hanya mengandung satu jenis unsur hara. Contoh pupuk tunggal misalnya : $CO(NH_2)_2$ (Urea) (45% N), NH_4SO_4 (Ammonium Sulfat), TSP (Triple Super Phosphate), DS (Double Super Phosphate), SP-36 (36 P_2O_5), KCl (Kalium Klorida), K_2SO_4 (Kalium Sulfat). Klasifikasi ini menurut Leiwakabessy dan Sutandi (1998) dapat membingungkan, karena seperti pupuk TSP walaupun disebut pupuk tunggal, tetapi ternyata mengandung unsur Ca yang cukup tinggi, demikian pula pupuk tunggal ZK (K_2SO_4) termasuk pupuk tunggal K, tetapi juga mengandung unsur S.

b. Pupuk majemuk.

Pupuk majemuk adalah pupuk yang mengandung lebih dari satu unsur hara. Pupuk yang mengandung dua unsur hara dapat mengandung NP, NK, atau PK, dan pupuk majemuk yang mengandung 3 unsur hara dapat berupa NPK. Pupuk majemuk

dapat dibuat dari komposisi kimia di pabrik, dimana komposisi atau perbandingan unsur-unsur yang terkandung di dalamnya bervariasi tergantung jenis pupuk. Kandungan unsur hara dalam pupuk majemuk dinyatakan dalam tiga angka berturut-turut yang menunjukkan kadar N, P_2O_5 dan K_2O. Misalnya pupuk majemuk 15-25-10 menunjukkan bahwa kadar N, P_2O_5 dan K_2O masing-masing 15%, 25% dan 10% atau tiap 100 kg pupuk majemuk tersebut mengandung 15 kg N + 25 kg P_2O_5 + 10 kg K_2O. Bila kandungan hara suatu pupuk majemuk ditulis 18-46-0 berarti tiap 100 kg pupuk majemuk tersebut terdapat 18 kg N + 46 kg P_2O_5 + 0 K_2O. Pupuk majemuk yang mengandung unsur N, P, K disebut pupuk majemuk lengkap.

Contoh pupuk majemuk : pupuk Mutiara (15-15-15), Rustica Yellow (15-15-15), Complesal (20-20-0), Rustica Red (13-13-21), Ammofoska I (12-24-12), Ammofoska II (10-20-15), Natrium Kalium Nitrat (15-0-45), Monokalium Fosfat (0-30-34).

6.3. Sifat-sifat Pupuk

Sifat-sifat pupuk penting untuk diketahui, hal ini karena berkaitan dengan penyimpanan, penggunaan, dan waktu pemberian. Beberapa sifat pupuk buatan adalah :

a. Kadar unsur; menentukan kemampuan suatu pupuk merubah kesuburan tanah. Semakin tinggi kadar unsur maka semakin baik dan effisien.
b. Higroskopisitas : pada keadaan kelembabaan tertentu suatu pupuk dapat menarik uap air yang mengakibatkan pupuk menjadi basah, melunak, dan ada pula yang menjadi membatu/menggumpal. Contoh pupuk bersifat higroskopis adalah urea.
c. Kelarutan; umumnya pupuk mudah larut dalam air, sedangkan ada pula pupuk yang larut dalam air dan dalam asam. Sifat kelarutan sangat mempengaruhi dalam cara dan waktu pemupukan dan sifat ini juga dapat menentukan mudah tidaknya unsur diambil tanaman.
d. Kemasaman; beberapa pupuk dapat meningkatkan kemasaman, menurunkan kemasaman tanah, terdapat pula yang bersifat netral. Sifat keasaman berhubungan dengan tanah yang akan dipupuk. Contoh pupuk yang bersifat asam adalah ZA

e. Cara bekerjanya; adalah waktu yang diperlukan sejak pupuk diberikan sampai dapat digunakan oleh tanaman. Berdasarkan cara bekerjanya ada jenis pupuk yang bekerja cepat dan ada yang bekerja lambat. Contoh pupuk yang bekerja cepat adalah pupuk Urea dan pupuk N lainnya, sedangkan Contoh pupuk yang bekerja lambat adalah pupuk TSP, SP-36 dan pupuk-pupuk P umumnya.

6.4. Dasar-dasar Pertimbangan Pemupukan

Tanaman berbeda kebutuhan unsur haranya, baik jenis unsur hara maupun jumlahnya. Selain itu faktor lingkungan juga mempengaruhi jumlah unsur hara yang diperlukan tanaman. Oleh karena itu dalam pemupukan harus mempertimbangkan beberapa hal seperti: tanaman yang akan dipupuk, jenis tanah dan iklim, pupuk yang digunakan, waktu memupuk, cara memupuk, dan dosis pemupukan

6.4.1. Tanaman yang akan dipupuk.

- bagian vegetatif : - kaya hijau daun
  - kaya zat tepung/pati
- bagian yang kaya hijau daun : lebih banyak menggunakan unsur N dibandingkan unsur lainnya.Contoh: bayam, kubis, dll.
- Bagian yang kaya zat tepung : selain diperlukan unsur N untuk pembentukan hijau daun, juga banyak diperlukan unsur hara K agar pembentukan zat tepung juga meningkat. Contoh: ketela pohon, kentang, dan lain-lain.
- Sebagai ion kalium dalam daun yaitu disekitar hijau daun, K aktif dalam pembentukan tepung/gula.

6.4.2. Tanah yang akan dipupuk.

Pada umumnya tanah-tanah pertanian di Indonesia kekurangan unsur N, P, dan K. Sifat dari tanah sangat penting diketahui seperti kedalaman tanah, tekstur, struktur, pH tanah, kandungan hara, serta kandungan dan komposisi humus. pH tanah perlu diperhatikan. Pada tanah yang keasaman tinggi digunakan pupuk yang mempunyai kemasaman rendah dan sebaliknya.

Untuk tanah yang banyak mengandung pasir penggunaan pupuk dilakukan secara bertahap, karena tanah pasir miskin bahan organik dan tidak dapat menahan ion sehingga banyak yang larut sebelum digunakan.,

6.4.3. Pupuk yang digunakan.

a. Pupuk yang bekerjanya cepat. Sebaiknya diberikan sesudah tanam dan diberikan bertahap 2-3 kali. Contoh ZA, ASN, dan NH_4Cl
b. Pupuk yang bekerjanya perlahan-lahan. Sebaiknya diberikan pada saat sebelum tanam atau pada saat tanam. Contoh ES, DS, TS, FMP, dan semua pupuk P.

6.4.4. Waktu pemupukan

Untuk pupuk yang bekerjanya cepat dan mudah larut (umumnya pupuk N) sebaiknya diberikan sesudah tanaman tumbuh aktif. Dalam hibungannya dengan iklim sebaiknya diberikan pada saat air tanah dalam jumlah cukup, tidak kering dan tidak berlebihan.

Pada waktu tanah sangat kering jangan dilakukan pemupukan.

6.4.5. Pertimbangan cara meletakan pupuk dalam tanah.

Hal yang berkaitan dengan sifat dari akar tanaman, juga sifat dari tanah dan pupuknya, maka cara memupuk harus diperhatikan dangkal dalamnya dan jauh dekatnya.

a. Dangkal dalamnya: pupuk dimasukan dalam tanah agar tidak banyak yang hanyut dan menguap.
   - untuk jenis pupuk yang sukar dan tidak mudah terikat oleh partikel tanah diberikan sedalam 5 – 10 cm.
   - Jenis pupuk yang mudah larut tidak terlalu dalam.
b. Dekat jauhnya: Jenis pupuk yang sukar larutan dan sukar diikat oleh partikel tanah sedapat mungkin diberikan dekat di daerah perakaran tanaman. Sedangkan pupuk yang mudah larut tidak terlaulu penting asalkan dosisnya cukup.

6.4.6. Dosis pupuk.

Dosis pupuk yang diberikan pada tanaman harus memperhatikan :

- kebutuhan tanaman
- kandungan unsur hata tanah
- keadaan iklim.

6.5. Perhitungan Keperluan Pupuk

Dalam melakukan perhitungan pupuk buatan yang akan diberikan kepada tanaman melalui tanah perlu memperhatikan jenis pupuk yang tersedia, dosis

pemupukan, dan kadar hara pupuk buatan tersebut. Adanya pupuk sejenis dengan kadar kandungan hara berbeda memungkinkan suatu pupuk dapat diganti oleh pupuk lain yang sejenis berdasarkan kandungan hara masing-masing pupuk. Dosis pupuk biasanya dinyatakan dalam jumlah hara yang akan diberikan kepada tanaman dalam satuan luas hektar. Misalkan untuk memperbaiki pertumbuhan suatu tanaman tertentu diperlukan 135 kg N ha^{-1}, 90 kg P_2O_5 ha^{-1} dan 75 kg K_2O ha^{-1}. Jika pupuk tersedia sebagai sumber pupuk N, P, K adalah Urea (45% N), TSP (46% P_2O_5) dan KCl (60% K_2O) maka perhitungan pupuk yang dibutuhkan dapat dilakukan sbb :

6.5.1. Perhitungan dosis umum

a. Berdasarkan luas lahan

Bila penanaman dilakukan pada lahan seluas 1 ha (1 ha = 10.000 m^2), maka jumlah pupuk yang dibutuhkan adalah

$$\text{Urea} = \frac{100}{45} \times 135 \text{ kg} = 300 \text{ kg. ha}^{-1}$$

$$\text{TSP} = \frac{100}{46} \times 90 \text{ kg} = 195{,}65 \text{ kg. ha}^{-1}$$

$$\text{KCl} = \frac{100}{60} \times 75 \text{ kg} = 125 \text{ kg. ha}^{-1}$$

Bila tanaman yang akan dipupuk tersebut hanya ditanam pada petakan dengan ukuran tertentu, misalnya 10 m x 5 m (luas 50 m^2), maka keperluan pupuk tersebut menjadi

$$\text{Urea} = \frac{50\, m^2}{10.000\, m^2} \times 300 \text{ kg} = 1{,}50 \text{ kg. petakan}^{-1}$$

$$\text{TSP} = \frac{50\, m^2}{10.000\, m^2} \times 195.65 \text{ kg} = 0{,}978 \text{ kg. petakan}^{-1}$$

$$\text{KCl} = \frac{50\, m^2}{10.000\, m^2} \times 125 \text{ kg} = 0.625 \text{ kg. petakan}^{-1}$$

b. Berdasarkan berat tanah

Apabila tanaman tersebut ditanam di polybag atau pot yang berisi tanah seberat 15 kg, maka pupuk yang diperlukan per polybag/pot (berat 1 ha

lahan = 2.000.000 kg), dengan jumlah pupuk Urea 300 kg.ha^{-1}, TSP = 195,65 kg.ha^{-1} dan KCl = 125 kg.ha^{-1} adalah sebagai berikut :

$$\text{Urea} = \frac{15}{2.000.000} \times 300 \text{ kg} = 0{,}00225 \text{ kg} = 2{,}25 \text{ gr.polybag}^{-1}$$

$$\text{TSP} = \frac{15}{2.000.000} \times 195.65 \text{ kg} = 0{,}0015 \text{ kg} = 1{,}50 \text{ gr.polybag}^{-1}$$

$$\text{KCl} = \frac{15}{2.000.000} \times 125 \text{ kg} = 0{,}00094 \text{ kg} = 0{,}94 \text{ gr.polybag}^{-1}$$

6.5.2. Penggunaan pupuk majemuk dan pupuk tunggal

Bila untuk pemupukan tanaman tersebut hanya tersedia pupuk Urea (45% N), SP-36 (36% P_2O_5) dan pupuk Mutiara 15-15-15, maka untuk memenuhi dosis pemupukan 135 kg N ha^{-1}, 90 kg P_2O_5 ha^{-1} dan 75 kg K_2O ha^{-1} dilakukan perhitungan sbb :

a. Pupuk Mutiara

Untuk menentukan banyaknya pupuk Mutiara yang diberikan perlu memperhatikan dosis pemupukan terendah yang harus diberikan (dalam hal ini K_2O = 75 kg.ha^{-1}), sehingga dosis pupuk Mutiara untuk memenuhi K_2O tanaman adalah $\frac{100}{15} \times 75$ kg = 500 kg.ha^{-1}. Dalam 500 kg pupuk Mutiara tersebut juga terdapat unsur N dan P_2O_5 masing-masing seberat :

$$N = \frac{15}{100} \times 500 \text{ kg} = 75 \text{ kg}$$

$$P_2O_5 = \frac{15}{100} \times 500 \text{ kg} = 75 \text{ kg}$$

b. Pupuk Urea

Kekurangan N yang masih harus ditambahkan dari jenis **pupuk lain** (Urea = 45% N) selain pupuk Mutiara adalah 135 kg – 75 kg = 40 kg.ha^{-1}.

Jumlah pupuk Urea yang harus diberikan untuk mencukupi kekurangan N adalah $\frac{100}{45} \times 40$ kg N .ha^{-1} = 88,89 kg urea.ha^{-1}

c. Pupuk SP-36

Kekurangan P_2O_5 yang masih harus ditambahkan dari **pupuk lain** (SP-36= 36%P_2O_5) adalah 90 kg – 75 kg = 15 kg $P_2O_5.ha^{-1}$.

Jumlah pupuk SP-36 yang harus diberikan untuk mencukupi kekurangan P_2O_5 adalah $\frac{100}{36}$ x 15 kg $P_2O_5.ha^{-1}$ = 41,67 kg SP-36.ha^{-1}

6.5.3. Perhitungan dosis pupuk berdasarkan analisis tanah dan kebutuhan tanaman.

Dosis pemupukan berdasarkan hasil analisis tanah memperhitungkan ketersediaan hara yang ada di dalam tanah dan memberikan kekurangan hara pada tanah tersebut melalui pemupukan. Misalkan dosis pemupukan yang ditentukan untuk suatu tanaman tertentu adalah 135 kg N ha^{-1}, 90 kg P_2O_5 ha^{-1}, dan 75 kg K_2O ha^{-1}. Hanya saja pupuk yang tersedia adalah Urea (45% N), SP-36 (36% P_2O_5) dan KCl (60% K_2O). Berdasarkan hasil analisis tanah diketahui bahwa kandungan N tersedia = 0.02 %, P tersedia = 4.8 ppm , dan K tersedia = 14,51 ppm. Perhitungan jumlah pupuk yang harus ditambahkan ke tanah adalah

a. Perhitungan pupuk Urea

N tersedia = 0,02 % = $\frac{0,02}{100}$ x 2.10^6 kg N ha^{-1} = 400 kg N ha^{-1}

Mineralisasi 1 % = $\frac{1}{100}$ x 400 kg N ha^{-1} = 4 kg N ha^{-1}

Berarti jumlah N dalam tanah adalah 4 kg N ha^{-1}, sehingga jumlah N yang harus diberikan adalah jumlah N kebutuhan tanaman dikurangi jumlah N dalam tanah , yaitu 135 kg N ha^{-1} - 4 kg N ha^{-1} = 131 kg N ha^{-1}.

Pupuk Urea yang harus diberikan = $\frac{100}{45}$ x 131 kg N ha^{-1} = 291,11 kg Urea ha^{-1}.

b. Perhitungan pupuk SP-36

P tersedia 4,8 ppm = $4,8 . 10^{-6}$ x $2 . 10^6$ x 1

= 9,6 kg P ha^{-1}

Dalam bentuk P_2O_5 = $\frac{P_2O_5}{P_2}$ x 9,6 kg P ha^{-1}

= $\frac{(31\times2+16\times5)}{(31\times2)}$ x 9,6 kg P ha^{-1}

= $\frac{142}{62}$ x 9,6 kg P ha^{-1}

= 21,98 kg P_2O_5 ha^{-1} (dalam tanah)

P_2O_5 yang harus diberikan ke tanah = P_2O_5 yang dibutuhkan - P_2O_5 dalam tanah

= 90 kg P_2O_5 - 21,98 kg P_2O_5

= 68,02 kg P_2O_5

Dosis pupuk SP-36 yang harus diberikan = $\frac{100}{36}$ x 68,02 kg

= 188,94 kg ha^{-1}

c. Perhitungan pupuk KCl

K tersedia 14,51 ppm = $14,51 \cdot 10^{-6}$ x $2 \cdot 10^{6}$ x 1

= 29,02 kg K ha^{-1}

Dalam bentuk K_2O = $\frac{K_2O}{K_2}$ x 29,02 kg K ha^{-1}

= $\frac{(39\times2+16\times1)}{(39\times2)}$ x 29,02 kg K_2O ha^{-1}

= $\frac{94}{78}$ x 29,02 kg K_2O ha^{-1}

= 34,97 kg K_2O ha^{-1} (dalam tanah)

K_2O yang harus diberikan ke tanah = K_2O yang dibutuhkan - K_2O dalam tanah

= 75 kg K_2O - 34,97 kg K_2O

= 40,03 kg K_2O

Dosis pupuk KCl yang harus diberikan = $\frac{100}{60}$ x 40,03 kg ha^{-1}

= 66,72 kg ha^{-1}

Perlu diketahui bahwa tidak semua unsur hara (pupuk) yang diberikan ke tanah dapat diserap oleh tanaman, karena sebagian akan tercuci bersama air perkolasi,

difiksasi oleh tanah, menguap dan sebagainya. Efisiensi pemupukan ini dapat mencapai 90%, 80% dan sebagainya tergantung dari keadaan tanah, iklim, jenis pupuk dan lain-lain (Sarwono Hardjowigeno, 1992). Dalam contoh perhitungan keperluan pupuk di atas belum diperhitungkan jumlah pupuk yang tidak dapat diserap tanaman karena berbagai faktor alamiah tersebut.

6.6. Beberapa Cara Pemupukan

6.6.1. Sebar (*broadcasting*).

Pupuk diberikan dengan cara disebarkan secara merata di atas permukaan tanah. Dapat dilakukan sebelum atau sesudah pengolahan tanah.

6.6.2. Row or band placement

Pupuk diletakan di bawah secara barisan atau strip di bawah benih pada saat tanam.

6.6.3. Plow sole placement

Pupuk langsung diletakan di belakang bajak pada saat pengolahan tanah.

6.6.4. Side band placement

Pupuk di tempatkan di samping benih atau tanaman (di satu sisi atau di kedua sisi).

6.6.5. Top dressed atau side dressed

Pemberian pupuk pada saat tanaman tumbuh di atas permukaan tanah. *Top dressed* penyebaran pupuk di atas tanaman, dan *side dressed* adalah meletakan pupuk di samping disisi tanaman.

6.6.6. Pemupukan lewat daun.

Pemupukan dapat pula dilakukan melalui daun. Prinsip pemupukan lewat daun yaitu adanya stomata (mulut daun) yang dapat menjadi tempat masuknya unsur hara. Oleh sebab itu pemupukan lewat daun dilakukan pada saat stomata dalam keadaan membuka, agar pupuk dapat diserap tanaman. Pemupkan lewat daun mempunyai kelebihan karena unsusr hara dapat dengan cepat diserap tanaman dan langsung ke bagian daun. Walaupun demikian terdapat kekurangan yaitu pupuk yang diberikan harus dalam konsentrasi yang rendah, terlebih jenis pupuk yang higroskopis. Selain itu larutan pupuk terkadang sulit menempel di permukaan daun sehingga banyak yang hilang pada saat aplikasinya. Untuk mengatasi hal tersebut sebaiknya larutan pupuk

dicampur dengan larutan perekat misalnya citowet. Beberapa contoh pupuk daun dan kandungan unsurnya di sajikan pada Tabel 5

Tabel 5. Beberapa contoh pupuk daun dan kandungan unsurnya.

No.	Jenis pupuk daun	Kandungan unsur
1.	Bayfolan	11%N, 8 % P, 6 % K, F, Mg, B, Cu, Zn, Co, dan Mo.
2.	Gandasil B	6% N, 20 % P, 30 % K, 3% Mg, Mn, B, Cu, Co, dan Zn.
3.	Gandasil D	14% N, 12 % P, 14 % K, 1% Mg, Mn, B, Cu, Co, dan Zn.
4.	Greenzet	12% N, 7 % P, 5 % K, 3% Mg, Mn, B, Cu, Co, Zn, dan Ni.
5.	Nutra-Phos N	16% N, 12 % P, 4 % K, 1,5% Mg, 2% Zn, 1% Fe, dan 1% B.
6.	Top foliar B	15% N, 10 % P, 20% K, 2% Mg, Mn, B, Cu, Co, dan Zn.
7.	Top foliar D	13% N, 11 % P, 13 % K, 1% Mg, Mn, B, Cu, Co, dan Zn.

Sebagaimana diketahui bahwa pupuk daun umumnya selain mengandung unsur hara makro juga mengandung unsur hara mikro, sehingga tanaman yang defisiensi unsur makro dan mikro memberikan respons yang baik

6.7. Beberapa Unsur Hara Makro (Fungsi dan Gejala Defisiensi)

6.7.1. Nitrogen

Nitrogen diserap tanaman dalam bentuk NH_4^+ dan NO_3^- , bergantung keadaan tanah dan stadia tumbuh.

Nitrogen merupakan unsur yang paling banyak mendapat perhatian. Penyusun sel hidup, penyusun enzim, dan khlorofil tanaman. Penyusun asam amino dan protein serta nukleoprotein, misal untuk pembelahan sel.

Kekurangan nitrogen membatasi pertumbuhan dan pembelahan sel. Tanaman kecil, daun menjadi hijau muda pada daun muda, dan menjadi kuning pada daun yang tua, karena pertumbuhan menurun maka berat kering menurun dan menurunkan hasil tanaman.

6.7.2. Fosfor.

Fosfor diambil tanaman dalam bentuk ion orthophosphate primer $H_2PO_4^-$ dan ortho phosphate sekunder HPO^{2-}_4, pada pH tanah rendah banyak diserap ortho phosphate primer, dan pH netral sampai tinggi banyak diserap ortho phosphate sekunder.

Dijumpai banyak di dalam biji dan di semua bagian tanaman. Merupakan komponen struktural dari sejumlah senyawa penting, molekul pentrasfer energi ADP dan ATP (Adenin Di dan Tri Fosfat) NAD dan NADH. Bahan penyusun fosfolipid yang memegang peranan penting dalam integritas memberan

Gejala kekurangan fosfor berupa daun hijau tua kebiru-biruan, tepi daun, cabang dan batang terpapat warna merah ungu kemudian berubah menjadi kuning.

6.7.3. Kalium

Kalium diserap tanaman dalam bentuk kation K^+, penting dalam proses fisiologi tanaman. Berperan dalam proses metabolisme. Membantu memelihara potensial osmosis (Salisbury dan Ross, 1992) dan pengaliran air. Tanaman yang cukup K hanya sedikit kehilangan air karena K meningkatkan potensial osmotik dan mempunyai pengaruh terhadap penutupan stomata. K juga mengurangi beberapa jenis penyakit.

Kalium erperan dalam fotosintesis karenanya secara langsung meningkatkan pertumbuhan dan asimilasi CO_2 dan meningkatkan translokasi hasil fotosintesis.
Kekurangan K akan menyebabkan daun mengerut, keriting, terutama pada daun yang tua, timbul bercak-bercak berwarna coklat. Kekurangan K yang parah pucuk dan dan tepi daun terbakar.

6.7.4. Kalsium

Kalsium diserap tanaman sebagai bivalen Ca^{2+}, merupakan penyusun dinding sel, berfungsi sebagai pengaturan selektifitas memberan sel. Ca dalam tanaman

berhubungan dengan pH. Kekurangan Ca timbul pada tanaman yang lebih muda, sebagian daun berubah bentuk dan mengalami khlorosis. Pada pertumbuhan buah defisiensi Ca terjadi busuk ujung merah muda pada tomat dan coklat pada kacang tanah.

6.7.5. Magnesium

Magnesium diserap tanaman dalam bentuk Mg^{2+} , magnesium merupakan pusat molekul khlorofil (Gardner et al., 1985; Salisbury dan Ross, 1992). Sehingga kekurangan menjadikan tanaman tidak dapat melakukan fotosintesis (Mas'ud, 1992). Sebagai kofaktor dalam banyak enzim yang mengaktifkan fosforilasi dalam glikolisis dan dalam daur asam trikarboksilat.

Defisiensi Mg terjadi khlorosis antara urat daun tua dan kemungkinan ke daun yang lebih muda. Warna kuning di antara tulang daun. Kekurangan yang parah pada biji menyebabkan daya tumbuh kurang mantap dan apabila tumbuh akan menjadi lemah.

6.7.6. Sulfur

Sulfur merupakan bagian asam amino tertentu. Kekurangan S mengakibatkan daun muda menjadi hijau muda tidak merata, tampak mengkilat, agak keputihan dan berubah menjadi kuning hijau. Pertumbuhan kecil, tanaman menguning, dan batang kurus.

VII. MULTIPLE CROPPING (SISTEM PERTANAMAN GANDA)

Sistem (pola) pembudidayaan tanaman pertanian (*cropping system)* pada dasarnya dapat digolongkan menjadi 2 (dua) yaitu; monokultur (pertanaman tunggal) dan *multiple cropping* (pertumbuhan ganda)

Monokultur (pertanaman tunggal) artinya pertanaman dimana satu jenis tanaman ditanam dalam sebidang lahan dengan jumlah populasi yang normal, tidak dicampur dengan jenis tanaman lainnya. Periode penanaman, bisa satu periode tanam atau juga pengulangan beberapa periode tanam (terus-menerus) pada lahan yang lama dengan jenis tanaman yang sama.

Contoh : Sebidang lahan ditanami jagung (murni) tidak dicampur dengan jenis tanaman lainnya. Jagung ditanam dengan populasi yang normal (misalnya :100.000 tanaman/ha). Penanaman jagung pada sebidang lahan tersebut bisa hanya satu musim tanam atau bisa juga lahan tersebut selalu ditanami jagung setiap musim tanam.

Contoh lain : Sebidang lahan ditanami dengan tanaman kelapa sawit saja, tidak dicampur dengan jenis tanaman lain (misalnya Jati Mas). Umumnya kelapa sawit, ditanam dengan pola segitiga sama sisi 9 m x 9 m x 9 m, sehingga dalam satu hektar ada 142 tanaman (Selardi Sastrosayono, 2003), atau 143 tanaman (Yan Fauzi, 2002)

***Multiple Cropping* (Pertanaman Ganda).** *Multiple Cropping* digambarkan sebagai bentuk sistem penanaman yang mana total produksi tanaman dari sebidang lahan pertanian dicapai melalui penanaman lebih dari satu jenis tanaman, yang ditanam secara serentak atau ditanam dalam musim tanam secara beruntun (bergilir atau rotasi).

Multiple cropping bukanlah konsep baru, tetapi merupakan metode yang sudah ada sejak beberapa abad yang lalu, pada beberapa wilayah di dunia. *Multiple cropping* merupakan metode untuk memaksimalkan produktivitas lahan per unit luas lahan permusim (SSA, 1974). Di Indonesia sistem ini bukan merupakan hal baru, tetapi tidak ada keterangan yang pasti tentang kapan dan dimana dimulainya. Sistem ini biasa ditemukan di daerah yang berpenduduk padat dan yang keadaan tanah, iklim serta hasilnya merupakan faktor yang cukup baik sebagai pendorongnya (Thahir dan Hadmadi, 1985).

Menurut Beets (1982) multiple cropping banyak dipraktekkan di daerah-daerah

tropika dengan sistem pertanian yang intensif dimana lahan dan tenaga kerja digunakan secara maksimal. Seperti diketahui di daerah tropika solar energi, air hujan bila dalam kondisi iklim yang normal, cukup tersedia, dan rata-rata suhu sepanjang tahun bukan menjadi faktor pembatas untuk pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu multiple cropping merupakan sistem pertanaman yang lebih sesuai untuk daerah-daerah tropika. Apalagi di negara-negara berkembang yang terletak di daerah-daerah tropika, umumnya dihadapkan pada masalah kekurangan pangan, karena jumlah penduduk yang padat, sedangkan lahan pertanian terbatas.

Dunia dihadapkan pada masalah kekurangan pangan, karena laju peningkatan penduduk lebih cepat dari laju peningkatan pangan. Sehingga dapat dikatakan bahwa laju peningkatan penduduk mengikuti deret ukur dan laju peningkatan pangan mengikuti deret hitung. Akibat dari masalah selalu kekurangan pangan di dunia, maka multiple cropping, menjadi lebih menarik perhatian untuk dikaji oleh negara-negara berkembang (*developing country)* maupun oleh negara-negara maju *(developed country).*

Indonesia yang termasuk negara yang berkembang, hampir setiap tahun menghadapi masalah kekurangan pangan. Nasi sebagai makanan pokok penduduk Indonesia. Dengan semakin meningkatnya pendapatan dan pendidikan masyarakat, mengakibatkan permintaan terhadap pangan semakin meningkat baik kualitas, kuantitas maupun citarasanya. Pada tahun 1984 konsumsi beras untuk orang dewasa rata-rata sebesar 126,77 kg perkapita per tahun, pada tahun 1995 meningkat menjadi 133,48 kg perkapita per tahun (Deptan, 1999) dan pada tahun 2004 menurut Bank Dunia, mayoritas orang Indonesia mengkonsumsi rata-rata 151 kg beras perkapita per tahun.

Dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk Indonesia (pada tahun 1984) pumlah penduduk 158,38 juta dan pada tahun 2003 menjadi ±220 juta jiwa, dan meningkatnya konsumsi beras perkapita per tahun serta menurunnya luas sawah yang produktif maka saat ini (tahun 2004) Indonesia menjadi negara pengimpor beras terbesar di dunia. Menurunnya luas lahan pertanian (sawah) yang produktif disebabkan karena adanya alih fungsi menjadi lahan untuk bangunan, industri dan perumahan.

Untuk mengatasi masalah kekurangan pangan khususnya beras, yang disebabkan oleh beberapa faktor di atas, maka salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah dengan mengadakan defersifikasi pangan. Hal ini dapat dilakukan dengan

cara mengadakan sistem pertanaman yang dapat menghasilkan keanekaragaman hasil pangan yaitu *multiple cropping* (tanaman ganda).

7. 1. Pola Tanam *Multiple Cropping* (Tanaman Ganda)

Definisi : Multiple cropping adalah menanam lebih dari satu jenis tanaman budidaya pertanian pada sebidang lahan pada satu tahun kalender (Beets, 1982).

Pada prinsipnya pola tanam *multiple cropping* dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu : *Intercropping* (tumpang sari), *Sequential cropping* (*crop rotation* = rotasi tanaman = pergiliran tanaman = tanaman beruntun) dan *Pre cropping*

7.1.1. *Intercropping* (Tumpang sari)

Intercropping adalah menanam lebih dari satu jenis tanaman budidaya pertanian dalam sebidang lahan pada waktu yang sama (serentak) atau hampir bersamaan. Pada pola ini terjadi kompetisi antar jenis tanaman selama atau sebagian dari masa pertumbuhan tanaman. Petani mengelola lebih dari satu jenis tanaman dalam waktu yang bersamaan atau hampir bersamaan pada lahan yang sama. *lntercropping* ada beberapa pola yaitu :

a. *Mixed Cropping* (tanaman campuran)

Mixed cropping adalah menaman lebih dan satu jenis tanaman budidaya pada sebidang lahan pada waktu yang sama atau hampir bersamaan, tanpa pengaturan jarak tanam (tanpa barisan tanaman), sehingga susunannya seolah-olah secara acak.

Contoh : Ubi kayu ditanam bercampur dengan tanaman jagung, bercampur dengan tanaman lombok.

b. *Row Intercropping* (tumpang sari dalam baris)

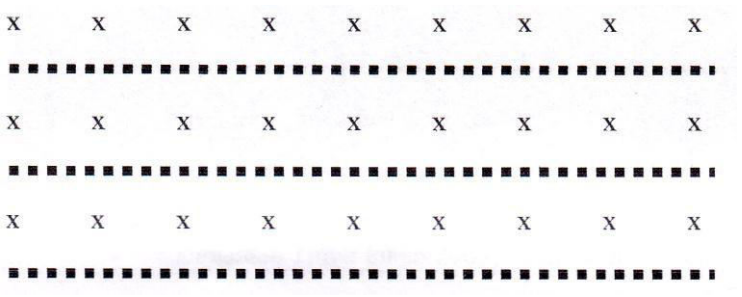
Row intercropping adalah menaman lebih dari satu jenis tanaman budidaya pada sebidang lahan pada waktu yang sama atau hampir bersamaan dengan jarak tanam yang teratur atau dengan membuat barisan dari tiap jenis tanaman.

Contoh :

- Satu barisan tanaman jagung, satu baris tanaman kedelai atau diantara barisan tanaman jagung ditanam barisan tanaman kedelai.
- Jagung ditanam dengan jarak tanam 80 cm x 40 cm, dan kedelai ditanam

dengan jarak tanam 20 cm X 40 cm. Jagung dan kedelai ditanam secara serentak (Gambar 21).

- Tanaman jagung dengan tanaman kenaf. Tanaman jagung ditanam dengan jarak tanam 80 cm x 20 cm dan kenaf dengan jarak tanam 20 cm x 15 cm. Kenaf ditanam setelah tanaman jagung berumur 2 minggu (hampir bersamaan). Gambar 22 adalah monokultur jagung dan Gambar 23 adalah monokultur kenaf (sebagai tanaman kontrol atau pembanding). Gambar 24 tumpang sari jagung dan kenaf *(row intercropping).* Jarak tanam jagung 80 cm x 20 cm dan jarak tanam kenaf 20 cm x 15 cm. Pola tanamnya nampak pada Gambar 25.
-



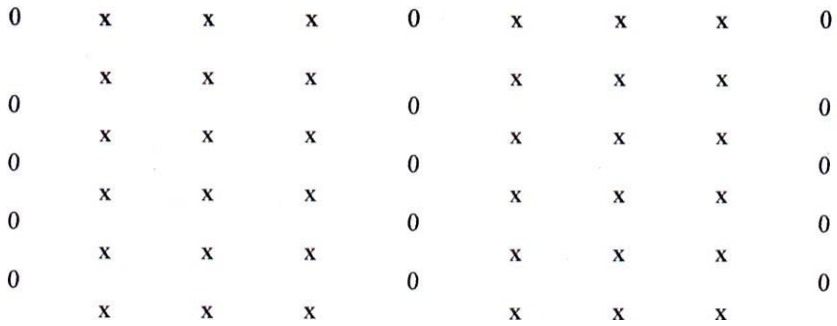
Keterangan:
X = jagung
■ = kedelai

Gambar 21. Diagram pola tanam *row intercropping* jagung dan kedelai

Gambar 22. Monokultur jagung, umur 1,5 bulan di Makroman Samarinda Kalimantan Timur tahun 2003, jarak tanam jagung 80 cm x 20 cm

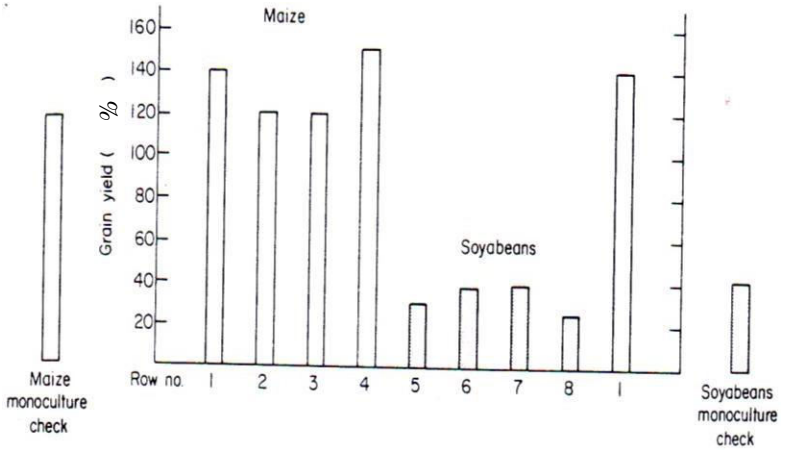
Gambar 23. Monokultur kenaf, umur 1 bulan di Makroman Samarinda Kalimantan Timur tahun 2003, jarak tanam jagung 20cm x 15cm

Gambar 24. *Row intercropping* jagung dan kenaf di Makroman Samarinda Kalimantan Timur tahun 2003



Keterangan:
0 = jagung
x = kedelai

Gambar 25. Pola tanam *row intercropping* jagung dan kenaf; jarak tanam jagung = 80 cm x 20 cm, kenaf = 15 cm x 15 cm



Gambar 26. Diagram menunjukkan hasil jagung dan kedelai dalam *strip intercroping* dibandingkan dengan monokultur (Pendleton, et al (1963 dalam Beets, 1982)

c. Strip Intercropping

Strip intercropping adalah menanam lebih dari satu jenis tanaman budidaya pada petak-petak (lajur) yang berbeda secara berganda dengan lebar petak cukup luas untuk pengolahan tanah tetapi cukup sempit untuk tanaman dapat berinteraksi secara agronomi. Jenis tanaman ditanam pada sebidang lahan yang sama dengan waktu tanam yang sama (serentak).

Keuntungan dari pola ini adalah barisan tanaman di pinggir petak *(border)* dari jenis tanaman yang tinggi (misalnya jagung) memberikan hasil 20 - 40% lebih tinggi dari barisan tanaman di tengah petak, serta rebah *(lodging)* dari dua jenis tanaman dapat di kurangi (Beets, 1982). Akan tetapi jenis tanaman yang pendek (misalnya kedelai) umumnya kurang menguntungkan karena hasilnya menurun 5-20%. Gambar 26 menunjukkan hasil jagung dan kedelai pada pola *strip intercropping.*

Kadang-kadang *strip intercropping* diterapkan pada lahan-lahan yang miring untuk mencegah erosi. Pada lahan yang miring petak (lajur) memanjang menyilang kelerengan dan lebar petak (lajur) tergantung pada derajat kemiringan lereng (Gambar 27)

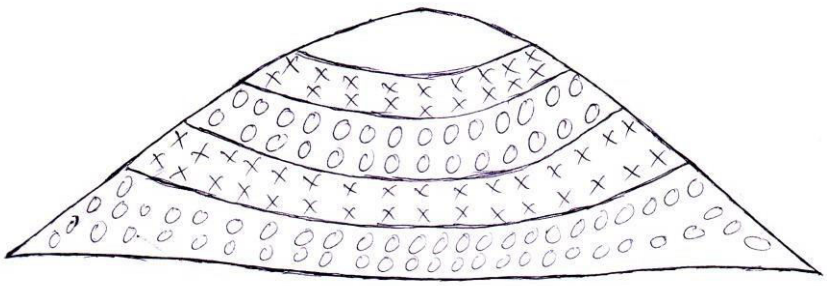
Strip cropping, dalam istilah lain disebut *alley cropping* atau "Budidaya lorong" (Dirjen Tanaman Pangan, 1988). Budidaya lorong (*alley cropping*) adalah sistem pertanian dalam lorong yang dibatasi oleh tanaman pagar/tegakan berupa tanaman pupuk hijau (pencegah erosi) yang ditanam membuat garis tinggi (kontur). Tanaman pagar/pupuk hijau tersebut harus bisa dipangkas dan hasil pangkasannya digunakan sebagai seresah (mulsa), atau dapat dibenamkan ke dalam tanah

(Gambar 28). Jarak tanam tanaman pagar disesuaikan dengan garis fungsi kontur dan kemiringan (*slope*) lahan. Semakin miring lahan, jarak tanam tanaman pagar semakin rapat. Tanaman pagar ditanam pada guludan yang dibuat sesuai garis kontur. Tanaman pagar/tegakan sebagai pupuk hijau (kacang-kacangan), contoh : lamtorogung. gamal.

Tujuan budidaya lorong adalah :

- Meningkatkan produktivitas lahan dengan memanfaatkan pupuk hijau sebagai penyedia bahan organik.
- Melakukan tindakan konservasi tanah dan air telutama dalam rangka pencegahan erosi.
- Meningkatkan pendapatan petani melalui peningkatan produksi tanaman pangan.

Budidaya lorong sudah biasa dilakukan oleh petani di Flores (Indonesia) dan kemudian dikembangkan di Nigeria.



Keterangan:
0 = padi gogo
x = legum

Gambar 27. Pola *strip intercropping* pada lahan miring

d. *Relay lntercropping* (*Relay cropping* = *relay planting* = tanaman sisipan)

Relay intercropping adalah menanam tanaman budidaya pertanian diantara tanaman atau barisan tanaman yang telah lebih dulu ditanam, pada sebidang lahan yang sama, sebelum tanaman yang lebih dulu ditanam, dipanen.

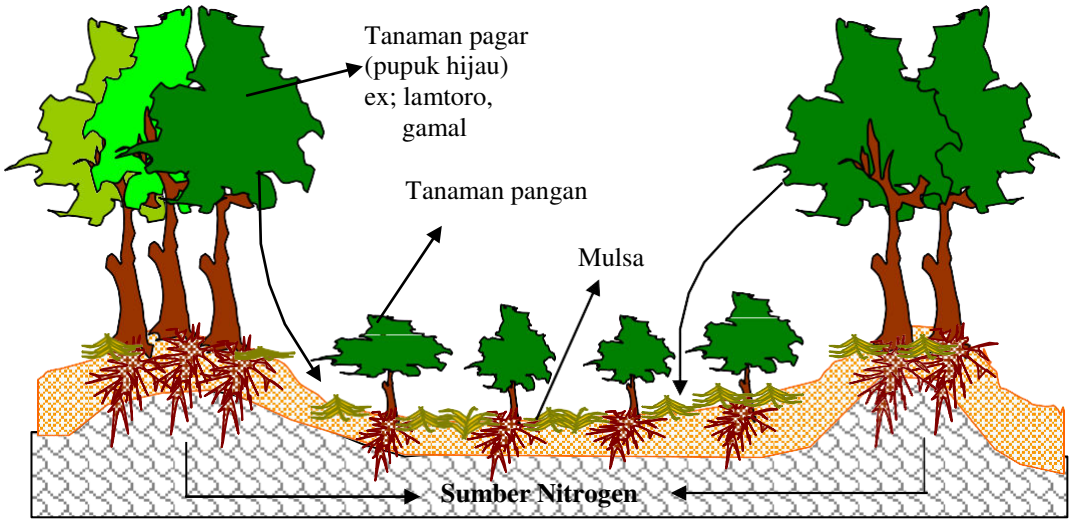
Contoh : Tanaman jagung pada awal musim tanam, kemudian disusul ubi kayu (Gambar 29)

Keuntungan dari pola ini adalah :

- Tanaman yang disisipkan pada tanaman yang terdahulu (pertama) mendapat cukup waktu lebih lama untuk pertumbuhannya pada lahan yang sama.
- Mendapat sisa pemupukan (residu) dari tanaman yang terdahulu serta

kelembaban yang masih ada di tanah.

- Persaingan antara tanaman yang pertama dan yang disisipkan dapat ditekan.



Gambar 28. Penanaman tanaman pagar/lorong sebagai usaha peningkatan dan pelestarian kesuburan tanah

e. *Interplanting* (tumpang sari berbeda umur)

Interplanting adalah menanam lebih dari satu jenis tanaman pada sebidang lahan yang sama, dimana tanaman yang umurnya lebih genjah ditanam berbaris diantara jenis tanaman lain yang berumur- lebih dalam.

Contoh : Menanam jagung dalam baris diantara barisan tanaman ubikayu. Tanaman jagung umur = 4 bulan, tanaman ubikayu umur 7- 8 bulan.

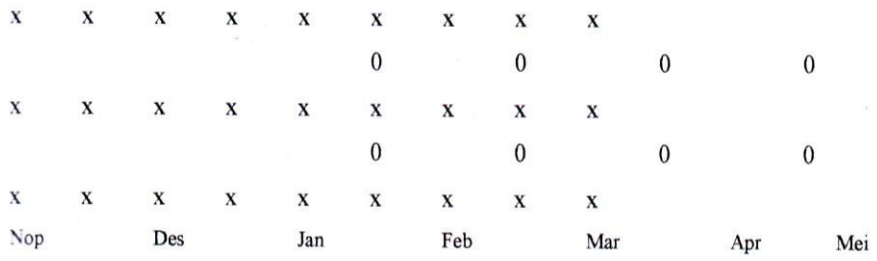
f. *Interculture* (Tanaman Sela)

Interculture yaitu menanam barisan tanaman semusim atau setahun diantara barisan tanaman tahunan.

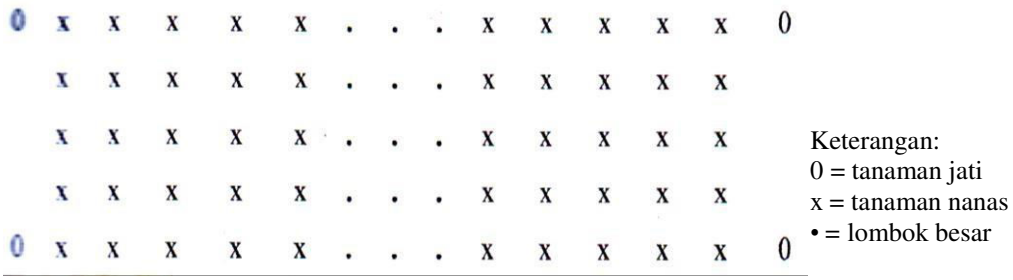
Contoh :

- Menanam tanaman jagung (atau tanaman pangan lainnya) dalam bentuk barisan diantara barisan tanaman kelapa sawit, yang umurnya kurang dari 4 tahun. Kalau tanaman kelapa sawit umurnya sudah > 4 tahun, tajuk tanaman sudah menutup, sehingga tanaman jagung (pangan) yang tumbuh di antaranya/(sela-selanya) kurang baik. Jarak tanam kelapa sawit 9 m x 9 m x 9 m. jarak tanaman jagung misalnya 80 cm x 40 cm.

- Menanam tanaman nanas dan lombok, diantara tanaman jati, seperti dilakukan oleh salah satu petani di Samboja Kalimantan Timur. Jarak tanaman jati 10 m x 2 m; nanas 80 cm x 50 cm dan lombok 50 cm x 50 cm (Gambar 30 dan 31).
- Menanam tanaman kapulaga diantara tanaman karet (di Kalimantan Selatan). Tanaman kapulaga ditanam setelah tajuk tanaman karet saling menutup, karena tanaman kapulaga adalah tanaman yang suka naungan (*shading*).



Gambar 29. Diagram pola tanam *relay cropping* jagung (x) ditanam awal musim tanam, ubikayu (0) ditanam kemudian (disisipkan) (Beets, 1982)



Gambar 30. Diagram Pola tanam *interculture* jati, nenas dan lombok dalam sistem agroforestry di Samboja Kalimantan Timur; jarak tanam jati = 10 m x 2 m, nanas = 80 cm x 50 cm dan kenaf = 50 cm x 50 cm

7.1.2. *Sequential Cropping* (*Crop rotation* = tanaman beruntun = tanaman bergilir = pergiliran tanaman)

Sequential cropping adalah menanam atau menumbuhkan tanaman secara bergilir atau beruntun dalam sebidang lahan dalam waktu satu tahun. Tanaman berikut ditanam setelah tanaman terdahulu dipanen. Pada sistem ini tidak ada kompetisi antar jenis tanaman dan petani hanya memelihara satu jenis tanaman.

Menurut AAS (1976) ada 4 model:

a. *Double cropping* : Menanam 2 jenis tanaman secara beruntun dalam waktu setahun. Contoh : jagung - kedelai (dalam setahun)

b. *Triple cropping* : Menanam 3 jenis tanaman secara beruntun dalam waktu satu

tahun. Contoh : Palawija I ---------- Palawija I Palawija III (dalam setahun).

c *Quadruple cropping* : Menanam 4 jenis tanaman secara beruntun dalam waktu satu tahun. Contoh : Palawija I ----------Palawija II ----------Palawija III ----------Palawija IV (dalam waktu setahun)

d. *Ratoon cropping* ; Memelihara anakan dari tanaman terdahulu setelah dipanen. Contoh: setelah tanaman tebu dipanen (ditebang), anakan yang tumbuh dipelihara lagi sampai panen.

Disamping dua pola yang sudah disebutkan di atas yaitu *intercropping* dan *sequential cropping*, di Jawa Tengah (di Klaten dan sekitarnya) ada pola tanam yang disebut sistem sorjan (Dam kultur).

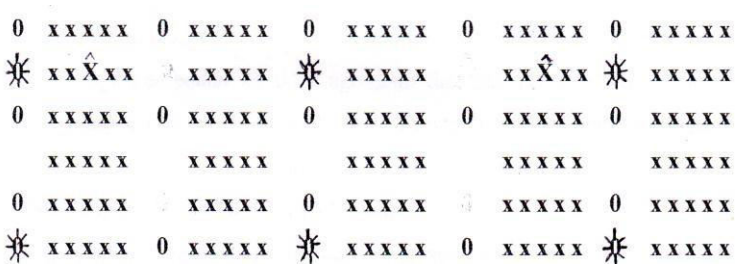
Gambar 31. Diagram Pola tanam *interculture* jati, nenas dan lombok umur 1 tahun, dalam sistem *agroforestry* di Samboja Kalimantan Timur

Gambar 32. Sistem "Sorjan" di Jawa Tengah. Tanaman palawija di bedengan yang tinggi dan padi sawh di tanam pada bagian lahan yang rendah

Sistem ini dijumpai di daerah yang curah hujan dan topografinya terlalu basah untuk tanaman palawija, tetapi kekurangan air untuk padi. Jadi padi sawah ditanam di bagian bawah atau paritnya, sedangkan palawija di bagian lahan atas yang tidak terairi (Gambar 32).

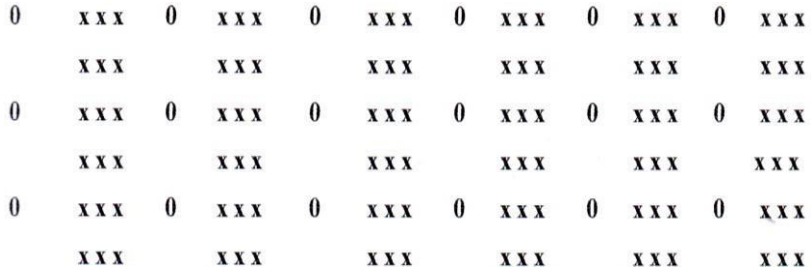
7.1.3. Pola Tanam *Pre-Cropping*

Pola Tanam *Pre-Cropping* maksudnya adalah pemanfaatan lahan sebelum tanaman pokok ditanam (Deptan, 1997). Pola tanam *pre-cropping* yang sudah dilakukan adalah oleh petani kakao di Kalimantan Timur, dalam upaya menambah pendapatan usaha taninya. Jadi dalam hal ini, sebagai tanaman pokoknya adalah kakao, sedangkan tanaman budidaya yang ditanam sebelum tanaman kakao adalah bisa tanaman padi atau palawija (kedelai, jagung). Selain tanaman padi dan palawija, bisa juga tanaman pisang yang dapat berfungsi sebagai naungan sementara bagi tanaman kakao yang belum menghasilkan (Gambar 33, 34 dan 35)



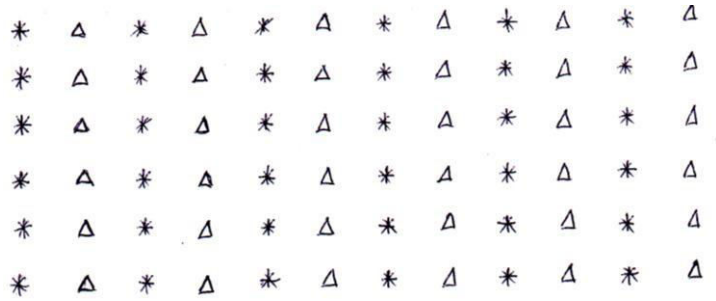
Keterangan:
0 = tanaman kakao
☼ = tanaman gamal
x = tanaman padi
X̂ = tanaman kelapa

Gambar 33. Pola Tanam *Pre-Cropping* padi



Keterangan:
0 = tanaman kakao
x = tanaman jagung

Gambar 34. Pola Tanam *Pre-Cropping* jagung



Keterangan:
* = tanaman kakao
Δ = tanaman pisang

Gambar 35. Pola Tanam *Pre-Cropping* pisang

Keterangan :

Tanaman kakao dengan jarak tanam 3 m x 3 m
Tanaman kedelai dengan jarak tanam 25 cm x 25 cm
Tanaman jagung dengan jarak tanam 40 cm x 100 cm
Tanaman pisang dengan jarak tanam 3 m x 3 m
Tanaman gamal (Gliricidae) dengan jarak tanam 6 m x 6 m
Tanaman kelapa dengan jarak tanam 9 m x 9 m

7.2. Kemungkinan Kombinasi Beberapa Karakter Tanaman dalam *Intercropping*

Adanya perbedaan karakter agronomi diantara berbagai jenis tanaman budidaya pertanian dan responnya terhadap faktor lingkungan, maka dalam menyusun pola tanam *intercropping* agar supaya didapatkan hasil yang tinggi perlu diperhatikan beberapa karakter agronomi seperti nampak pada Tabel 6 (Suwasono Heddy, 1994).

Tabel 6. Kemungkinan kombinasi beberapa karakter tanaman dalam *intercropping*

No	Sifat tanaman I	Sifat tanaman II	Keuntungan
1	Habitus tinggi	Habitus rendah	Efektif menggunakan cahaya
2	Perakaran dalam (dikotil)	Perakaran dangkal (monokotil)	Mengurangi faktor kompetisi dalam tanah
3	Umur dalam	Umur genjah	Memperpendek persaingan
4	Leguminosa	Non leguminosa	Membatasi persaingan terhadap unsur N
5	Geometrik efek	Geometrik horizontal	Efektif menggunaan cahaya
6	Kebutuhan cahaya tinggi	Kebutuhan cahaya rendah	Efektif menggunakan cahaya
7	Fase-fase terutama generatif lebih dahulu	Lebih lambat	Kompetisi yang keras dapat dihindari

7.3. Faktor-Faktor yang Diperhatikan dalam Pelaksanaan *Intercropping*

Penanaman secara tumpangsari harus diingat faktor kompetisi, baik dalam unsur hara, air maupun kebutuhan intensitas cahaya atau sinar matahari. Agar sistem penanaman tumpangsari dapat berhasil baik ada beberapa persyaratan yang harus diperhatikan antara lain :

a. Memilih jenis tanaman atau kombinasi tanaman yang ditumpangsarikan. Tanaman harus mempunyai sifat-sifat berumur genjah, tahan naungan, tahan rebah dan tahan serangan hama dan penyakit.

b. Jarak tanam

Pengaturan jarak tanam sistem tumpangsari dapat diatur berdasarkan pada sifat-sifat perakaran dan waktu tanam. Sifat perakaran tanaman yang berkembang lebih dalam akan tidak mengganggu apabila tanaman bercampur dengan tanaman yang berakar dangkal. Penanaman dengan mengatur waktu bertujuan untuk menghindarkan tanaman yang bertajuk rendah jangan sampai terlindung dari tanaman yang bertajuk tinggi. Untuk tanaman yang ditanam membentuk barisan-barisan lurus, jarak dalam barisan-barisan dan antar barisan menentukan kerapatan suatu pertanaman.

c. Kesuburan tanah

Pada tanah yang subur tanaman tumpangsari yang ditanam usahakan menggunakan jarak tanam yang agak jarang dan sebaliknya untuk tanah yang kurus atau kurang subur, tanaman yang ditanam usahakan agak rapat.

7.4 Keuntungan Sistem *Multiple Cropping*

Keuntungan sistem *multiple cropping* (Thahir dan Hadmadi, 1985) meliputi:

a. Frekuensi panen dan/atau produksi usaha tani serta pendapatan petani dapat ditingkatkan.
b. Mengurangi resiko kegagalan
c. Mencegah dan mengurangi pengangguran musiman.
d. Memperbaiki kesuburan tanah dan adanya stabilitas biologis.
e. Adanva pengolahan tanah minimal *(minimum tillage)*
f. Meniperbaiki keseimbangan gizi makanan rakyat petani.
g. Mengurangi erosi.

● Frekuensi Panen, produksi usaha tani dan pendapatan petani dapat ditingkatkan. Petani Indonesia pada umumnya petani kecil dalam luas lahan, modal dan alat-alat pertanian yang dimilikinya. Karena modal kecil, maka dengan seringnya dapat panenan dan lahan garapannya akan lebih terjamin kelangsungan hidupnya karena senantiasa didapat makanan sepanjang tahun. Sistem *multiple cropping* dapat

meningkatkan produksi usaha tani per hari per satuan luas. Jenis tanaman yang dimasukkan berbeda-beda, umumnya perbedaan umur ini menyebabkan pula waktu panen yang berbeda-beda. Peningkatan pendapatan petani adalah tujuan utama yang dititik beratkan pada sistem multiple cropping di daerah surplus dengan memperhatikan kemungkinan pemasaran hasilnya. Peningkatan pendapatan petani dicapai karena peningkatan produksi secara fisik per hari per hektar dan adanya permintaan terhadap produksi tersebut dengan harga yang memadai. Pada daerah minus usaha pengembangan *multiple cropping* terutama ditujukan untuk mengatasi kekurangan bahan makanan pada waktu paceklik jadi sasaran utamanya adalah peningkatan produksi perhari per hektar secara fisik, sedang kemungkinan pemasarannya menjadi pemikiran yang kedua.

- Mengurangi resiko tidak berhasilnya pertanaman bila tenaga tumbuh dari berbagai jenis tanaman jelek. Biasanya pemeliharaan benih termasuk pemilihan, pengeringan dan penyimpanannya merupakan usaha yang sulit, terutama dengan perlengkapan atau fasilitas yang umumnya dipunyai oleh petani Indonesia. Karena itu petani tidak mampu menyediakan benih dari beberapa jenis tanaman bertenaga tumbuh baik pada saat penanaman. Maka dalam hal ini sistem multiple cropping merupakan usaha untuk mengurangi resiko ini. Maksudnya apabila dan beberapa jenis tanaman didapat satu atau dua jenis tanaman bertenaga tumbuh jelek dan mati atau tidak hunbuh masih didapat jenis tanaman lain yang masih diharapkan dapat menghasilkan. Jadi resiko tidak berhasilnya usaha pertanaman akan berkurang. Juga resiko tidak berhasilnya pertanaman apabila beberapa jenis tanaman tidak berhasil tumbuh karena kekeringan atau kekurangan air. *Multiple cropping* yang diusahakan pada lahan pengairan tadah hujan kemungkinan ada periode kekeringan karena tidak hujan pada permulaan musim hujan atau hujan cepat berhenti sebelum musim kemarau dimulai. Pada keadaan ini beberapa jenis tanaman tidak kuat untuk terus tumbuh kemudian mati, tetapi ada jenis tanaman lain yang lebih tahan sehingga walaupun ada diantara jenis tanaman yang mati, petani masih mengharapkan hasil dari jenis tanaman lain yang masih dapat menghasilkan makanan untuknya.
- Distribusi tenaga yang merata sepanjang tahun sangat berbeda dengan sistem monokultur. Pada usaha monokultur distribusi tenaga kerja sering tidak merata,

dimana ada masa-masa tidak ada pekerjaan sama sekali. Tetapi pada sistem *multiple cropping* didapat adanya distribusi tenaga kerja yang merata sepanjang tahun. Pekerjaan pananaman, pemupukan, penyiangan, pemeliharaan dan pemanenan dapat dikerjakan oleh bapak tani, ibu petani dan anak-anak petani, karena umur dari jenis tanaman yang ditanam secara *multiple cropping* ini tidak sama, maka pelaksanaan penanaman pun dilakukan secara berangsur-angsur, demikian juga penanamannya, sehingga pembagian tenaga kerja akan lebih merata.

● Memperbaiki kesuburan tanah dan adanya stabilitas biologis.

Tanah yang diusahakan dengan sistem *multiple cropping* keadaanya selalu gembur. Hal ini karena tanah selalu terlindung dari sinar matahari yang terik sehingga tidak banyak penguapan. Juga akar tanaman yang diusahakan sepanjang tahun maka kelembaban tanah dapat dipertahankan dan pertumbuhan tumbuhan pengganggu dapat ditekan atau dihilangkan. Dalam keadaan tanah yang relatif kurus maka pengusahaan sistem *multiple cropping* akan memberikan manfaat lebih baik dibandingkan sistem monokultur. Di daerah Wonogiri Jawa Tengah misalnya pertanaman sorghum secara monokultur dan rapat tanpa pupuk, hampir tidak menghasilkan, sedangkan bilamana sorghum ini ditanam jarang dan diantaranya ditanami kacang kedelai atau kacang tanah mendapat hasil yang lebih baik. Dalam hal ini ternyata kesuburan tanah yang ada dapat lebih efisien digunakan. Demikian pula halnya dengan efisiensi penggunaan kelembaban tanah. Pada sistem multiple cropping biasanya tanah ditanami dengan jenis-jenis tanaman seperti kedelai, kacang tanah, kacang hijau di antara tanaman tinggi seperti jagung, sorghum, ketela pohon dan sebagainya, sehingga seluruh permukaan akan tertutup oleh tanaman. Ini berarti bahwa penguapan air pada permukaan tanah akan berkurang. Air tanah yang ada pada permukaan tanah dapat diambil oleh tanaman yang mempunyai perakaran dangkal sedang jenis tanaman dengan jenis perakaran dalatn dapat memanfaatkan air tanah yang terdapat pada lapisan tanah lebih dalam. Dengan demikian tanah, air dan sinar matahari digunakan lebih efisien.

Sistem *multiple cropping* menghasilkan keseimbangan biologis. Serangan hama penyakit dapat berkurang, misalnya penyakit *Helminthosporium* maupun penggerek batang pada jagung, serangannya akan berkurang bila jarak antar barisan tanaman jagung direnggangkan dan diantaranya ditanam jenis tanaman lain,

misalnya kacang tanah. Berkurangnya serangan penyakit ini kemungkinan disebabkan karena berkurangnya kelembaban di antara barisan jagung oleh sinar matahari yang masuk. Juga lingkungan hidup kupu-kupu penggerek ini tidak begitu ideal oleh jarak berisan yang jarang.

● Pengolahan tanah pada sistem *multiple cropping* minimal karena pengerjaan tanah dan pemeliharaan tanaman perjenis tanaman akan lebih hemat dibandingkan dengan pengerjaan tanah dan pemeliharaan tanaman itu secara monokultur tanpa penyisipan didalamnya. Sebab waktu penyisipan satu jenis tanaman pada jenis tanaman lainnya yang telah ada tidak perlu adanya pengerjaan tanah untuk tanaman vang disisipkan. Seandainya masih perlu pengerjaan tanah, maka pengerjaannya akan lebih ringan. Penghematan biaya produksi per jenis tanaman dalam sistem multiple cropping karena pengerjaan tanah yang penuh hanya untuk tanaman pertama, sedangkan untuk tanaman berikutnya, apalagi disisipkan, cukup dengan "pengolahan minimal". Dalam segi panca usaha lainnya, misalnya pengairan, pemupukan, pemberantasan hama dan penyakit dengan penyemprotan, keadaanya juga demikian. Umpamanya pemupukan untuk tanaman pertama menurut rekomendasi yang dianjurkan, misalnya jagung dengan 90 $kg.N.ha^{-1}$ dan 30 $kg.P_2O_5.ha^{-1}$, maka untuk tanaman yang kedua dalam pergiliran tanaman tersebut dapat diberikan di bawah rekomendasi karena adanya efek sisa *(residual effect).*

● Kebutuhan zat-zat gizi untuk hidup sehat lebih mudah dapat dicapai oleh petani dari tanaman yang dihasilkan dalam sistem *multiple cropping*. Karena sistem ini adalah pengusahaan tanaman secara berganda dan bermacam-macam atau kearah diversifikasi tanaman. Dikenal misalnya di salah satu negara di Afrika, penduduk hanya menanam ubi kayu saja untuk persediaannya waktu terjadi perang dunia kedua, kemudian setelah perang dunia selesai banyak diantara penduduk yang perutnya gembung karena mereka hanya memakan karbohidrat saja yang dihasilkan dari ubikayu yang ditanamnya, sedangkan protein maupun vitamin untuk kebutuhan hidupnya tidak terpenuhi. Dengan pengusahaan *multiple cropping* akan lebih terpenuhi kebutuhan hidup sehat berupa karbohidrat dari jenis tanaman serealia, ubi-ubian, sedangkan protein nabati dan lemak dari jenis tanaman kacang-kacangan, vitamin dan mineral lainnya dari ubi jalar dan tanaman sayuran. Bahkan dengan selalu didapatnya hasil sampingan berupa jerami padi, daun ubi jalar, jagung dan

sebagainya dimungkinkan untuk mendapatkan protein hewani dari ternak yang diusahakan. Jadi sebagian besar zat gizi untuk hidup sehat dapat diperoleh dari hasil usaha tani sendiri. Sistem *multiple cropping* dapat mengurangi kerusakan oleh erosi karena tanah selalu tertutup sepanjang tahun oleh pertanaman secara beruntun. Hal ini tidak lain daripada dilaksanakannya juga usaha penghijauan yang dapat mengawetkan tanah, terutama apabila di dalam pola penanamannya terdapat tanaman pupuk hijau penuhip tanah. Tata letak pertanaman dengan adanya guludan dan bedengan datar yang letaknya melintang lereng dapat berfungsi sebagai sengkedan (*ridge*) dan parit (*channel*) penghambat erosi

7.5. Kelemahan Sistem *Multiple Cropping*

Masalah yang timbul dengan *multiple cropping*, khususnya untuk pola *intercropping* (tumpang sari) adalah :

a. Kesusahan dalam pelaksanaan pengendalian hama, penyakit, gulma bila akan digunakan pestisida dengan penyemprotan.
b. Kesusahan dalam memberikan dosis, cara dan waktu pemupukan yang tepat.
c. Susah untuk memvisualisasikan dengan mekanisasi pertanian pada lahan dengan berbagai campuran jenis tanaman.

7.6. Evaluasi Pola Tanam Multiple Cropping

Untuk mengevaluasi pola tanam *multiple cropping*, khususnya tumpangsari dalam baris (*row intcrcropping*) digunakan LER (*Land Equivalent Ratio*). Menurut laporan Wang (1974) dalam Beets (1982) bahwa LER adalah luas lahan yang dibutuhkan tanaman dalam sistem monokultur untuk memberikan hasil sama dengan sistem tumpangsari (*row intercropping*).

Fister (1975) dalam Suwasono Heddy (1994) menjabarkan definisi tersebut dalam persamaan :

$$LER = \sum_{i=1}^{n} \frac{yi}{Y} = \frac{y1}{Y1} + \frac{y2}{Y2} + \frac{y3}{Y3} + \ldots + \frac{yn}{Yn}$$

y= Hasil (produksi) dalam sistem tumpangsari.

Y = Hasil (produksi) dalam sistem monokultur

Catatan : untuk menghitung LER dari pola tanam tumpangsari harus menanam tanaman dari jenis yang ditumpangsarikan (lebih dari satu jenis tanaman) dalam pola monokultur dengan jumlah populasi tanaman yang optimal sebagai kontrol.

Contoh :

a. Tumpangsari jagung dan kacang tanah.

- Hasil pipilan kering jagung dalam tumpangsari = 5 ton.ha^{-1}
- Hasil polong kering kacang tanah dalam tumpangsari = 2 ton . ha $^{-1}$

b. Monokultur

- Hasil pipilan kering jagung dalam monokultur = 7 ton.ha^{-i}
- Hasil polonu kering kacang tanah dalam monokultur = 4 ton . ha

Jadi: $LER = \frac{5}{7} + \frac{2}{4} = 1{,}21$

Hal ini berarti lahan seluas 1,21 ha dibutuhkan oleh sistem monokultur untuk memberikan hasil sama dengan 1 ha lahan sistem tumpangsari (Gambar 36) atau dapat dikatakan dengan pengertian lain bahwa peningkatan produksi dengan sistem tumpangsari adalah 21%

Menurut Vandermeer (1999), bila LER >1 *intercropping* (tumpangsari) (lebih efisien; bila LER < 1 monokultur lebih efisien, bila LER = 1 merupakan nilai kritis,

Untuk mendapatkan populasi tanaman yang optimum dalam tumpangsari (row Intercropping) jagung dan kedelai dilakukan uji perlakuan A s/d G (Tabel 7).

LER yang, tertinggi adalah pada perlakuan G yaitu 1,40, artinya lahan seluas 1,40 ha diperlukan oleh sistem monokultur untuk memberikan hasil sama dengan 1 ha lahan tumpangsari atau peningkatan produksi dengan sistem tumpangsari adalah 40%.

Tabel 7. Hasil jagung dan kedelai pada berbagai populasi tanaman dalam tumpangsari dan monokultur (Beets, 1982).

Perlakuan	**Populasi jagung ha^{-1}**	**Populasi kedelai ha^{-1}**	**Hasil Jagung (ton ha^{-1})**	**Hasil kedelai (ton ha^{-1})**	**Hasil jagung TS/M**	**Hasil kedelai TS/M**	**LER**
M(a)	44,444	-	6,2	-	1,00	-	-
A	33,333	83,333	5,5	0,3	0,88	0,23	1,11
B	29,620	74,074	4,9	0,4	0,79	0,30	1,09
C	30,476	76,190	4,7	0,5	0,75	0,38	1,13
D	29,630	148,148	4,5	0,5	0.72	0,38	1,10
E	22,222	166,666	4,5	0,6	0,72	0,46	1,18
F	26,666	266,666	4,3	0,7	0,69	0.53	1,22
G	11,111	249,999	2,1	1,4	0,33	1,07	1,40
S(b)	-	333,333	-	1,3	-	1,00	-

Keterangan: M (a) = Monokultur jagung (kontrol), S (b) = Monokultur Kedelai, TS = Tumpangsari

Jadi dari perlakuan populasi A s/d G, perlakuan G yang direkomendasikan pada penelitian ini

7.7. Indeks *Multiple Cropping* (*Multiple Cropping Index* = MCI) atau indeks Pertanaman (IP).

Indeks *Multiple Cropping* atau Indeks Pertanaman (IP) adalah jumlah areal yang ditanami dengan berbagai macam tanaman dalam tumpangsari maupun monokultur dan dipanen dalam satu tahun dibagi dengan total lahan yang diusahakan x 100.

Contoh:

Total lahan yang diusahakan 1 ha, lahan ini ditanami misalnya 3 kali dalam setahun (baik dengan tumpangsari dan atau monokultur), maka MCI atau lebih umum disebut IP = 3/1 x 100 = 300.

7.4. Nilai Total Relative (Relative Value Total = RVT)

Perhitungan nilai LER seperti di atas, hanya berdasarkan hasil secara biologis *(biological yield)* . Akan tetapi yang lebih penting bila petani *(producer)* ingin menghitung pendapatannya, maka perlu dihitung nilai RVT. RVT bisa disebut pula dengan *Income Equivalent Ratio* (IER)**.** Menurut Vandermeer (1999), untuk mendhitung RVT, digunakan rumus sebagai berikut :

$$\mathbf{RV\ T = \frac{a\ P1 + b\ P2}{a\ M1}}$$

a = harga dari tanaman pertama

b = harga dari tanaman kedua

Pl = hasil produksi dari tanaman pertama pada *intercropping*

P2 = hasil produksi dari tanaman kedua pada *intercropping*

M1= hasil monokultur tanaman pertama

M2= hasil monokultur tanaman kedua

Bila b M2 < aM1 maka, $RV\ T = \frac{a\ P1 + b\ P2}{a\ M1}$

Nilai kritis RVT adalah 1.0. Bila RVT > 1,0 *intercropping* menguntungkan, bila RVT < 1.0 monokultur yang menguntungkan, kalau nilai LER kecil (<1,0),

tidak perlu menghitung' nilai RVT.

Contoh :

Dari perhitungan tumpangsari jagung dan kacang tanah di atas, nilai LER yang dihitung adalah 1,2 1.

Hasil jagung tumpangsari = 5 ton.ha^{-1} ; Hasil kacang tanah tumpangsari = 2 ton.ha^{-1}

Hasil jagung monokultur = 7 ton.ha^{-1} ; Hasil kacang tanah monokultur = 4 ton.ha^{-1}

Tumpangsari

Bila nilai jual jagung pipilan = Rp 800 Kg^{-1}, maka pendapatan dari pipilan kering jagung' dalam tumpangsari = Rp 800 x 5.000 kg = Rp 4.000.000.

Bila nilai jual polong kering kacang tanah = Rp 1.000 kg^{-1}, maka pendapatan dari polong kering kacang tanah = Rp 1.000 x 2.000 kg = Rp 2.000.000.

Monokultur

Pendapatan dari pipilan kering monokultur jagung = Rp 800 x 7.000 kg = Rp5.600.000

Pendapatan dari polong kering kacang tanah monokultur Rp. 1.000 x 4.000 kg = Rp 4.000.000

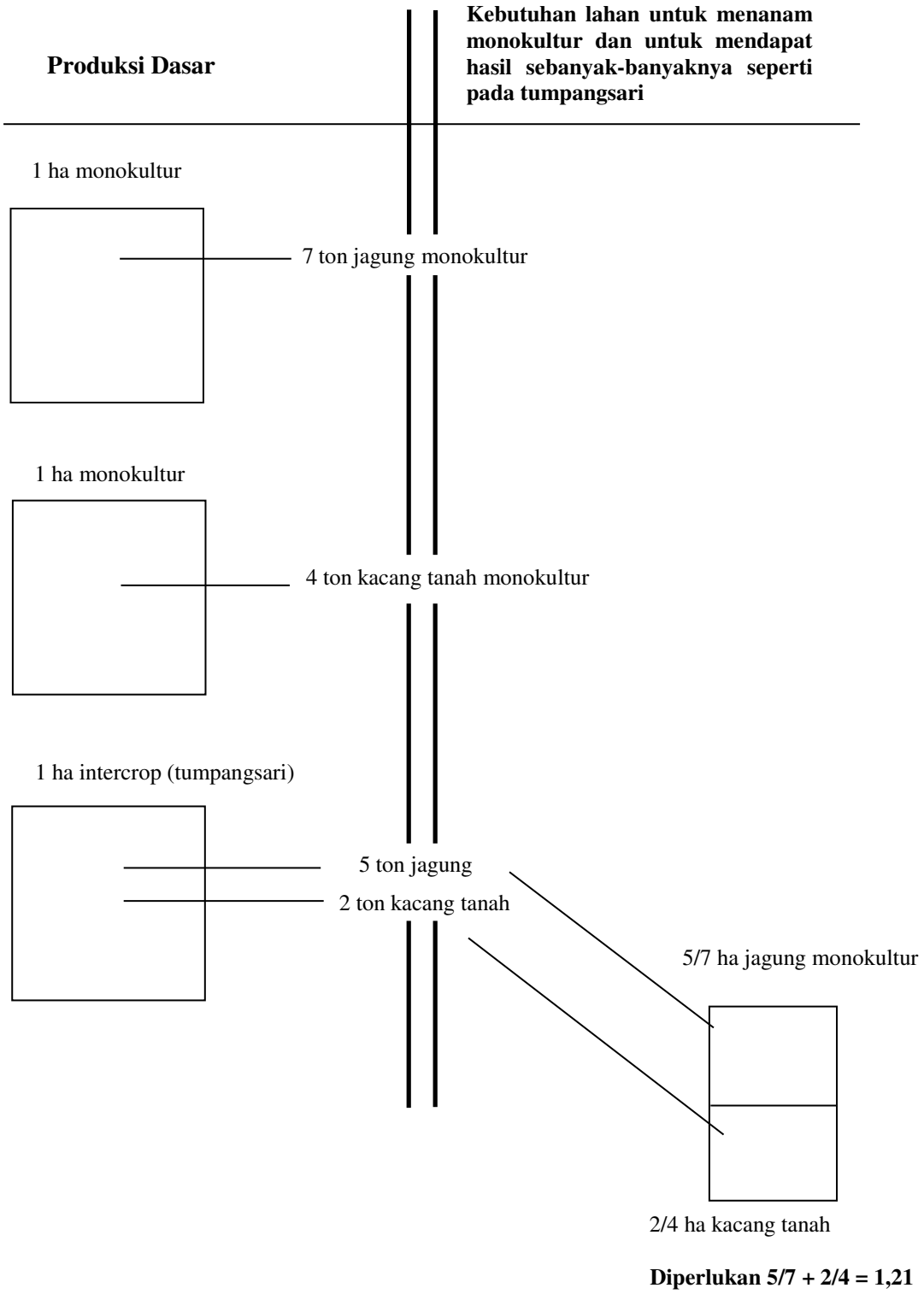
Jadi, RV T $= \frac{a\ P1 + b\ P2}{a\ M1}$

$= \frac{Rp.\ 4.000.000 + Rp.\ 2.000.000}{Rp.\ 5.600.000}$

$= \frac{Rp.\ 6.000.000}{Rp.\ 5.600.000}$

$= 1,07$

Karena RVT >1,0 maka tumpangsari lebih menguntungkan.



Gambar 36. Ilustrasi dari *Land Equivalent Ratio* (LER). Vandermeer (1999)

DAFTAR PUSTAKA

Yam Fauzi, Yustina Erna Widyastuti Imam Satyawibawa, Rudihartono (2004). Kelapa Sawit : Budidaya, pemanfatan hasil, analisis usaha dan pemasaran. Penebar Swadaya, Cimanggis, Bogor.

Suyatno Risza (1994) : Kelapa Sawit. Upaya Peningkatan Produktivitas. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

Prasetyo (1996). Bertanam Padi Gogo Tanpa Olah Tanah. Penerbit PT. Penebar Swadaya, Jakarta.

Sri Setyati Haryadi (1980). Pengantar Agronomi. Penerbit : PT. Gramedia, Jakarta.

Lamina (1989) : Kedelai dan Pengembangannya. C.V. Simpley-Jakarta.

Suprapto (1990) bertanam kedelai PT. Penebar Swadaya, Jakarta.

Warisno (1998). Budidaya Jagung Hibrida. Penerbit : Kanisius, Yogyakarta.

Adisarwanto dan Yustina Erna Widyastuti (2000). Meningkatkan produksi Jagung Di Lahan Kering Sawah dan Pasang Surut P.T. Penebar Swadaya, Jakarta.

Yernelis Sukma dan Yakup (1995). Gulma dan Teknik Pengendaliannya. PT. Raja Grafindo Persada-Jakarta.

Hasan Basri Jumin (1991) : Dasar-dasar Agronomi. Penerbit CV. Rajawali-Jakarta.

Setijo Pitojo (1997). Budidaya padi Sawah Tabela. P.T. Penebar Swadaya-Jakarta.

Thahir dan Hadmadi. (1985) Tumpang Gilir. (Multitiple Cropping) CV. Yasaguna-Jakarta.

Gopal Chandra De (1993). Fundamentals Of Agronomy. Oyford & IBH. Publ.Co. Put.LTD. Bombay-Calcuta.

Williams, C.N (1975). The Agronomy Of The Major Tropical Crops. Oxford University Press, Malaysia.

Neal. C. Stoskopf (1981) :Understanding Crop Production Reston Publ. Co, INC, Reston, Virginia.

Fageria N.K, V.C Baligar, Charlesallan jones (1997) : Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. Marcel Dekker, INC, USA.

Ilaco, B.V. (1981) : Agricultural Compedium For Rural Development In The Tropics and Subtropics. Elsevier Scientific Publ. Co. New York.

Beets, Willem, C (1982) : Multiple Cropping and Tropical Farming Systems. Gower. Publ., Co. Limited, England.

Chang, Yen. Hu (1968) : Climate and Agriculture Aldine. Publ, Co, Chicago.

Prevost, P. (1997). Fundamentals of Modern Agriculture Science Publ, Ing, Paris.

Asparno Mardjuki (1990) : Pertanian dan Masalahnya. Pengantar Ilmu Pertanian. Penerbit : Andi Offset Yogyakarta.

Sadarudin (1999).

Hay. K. M. Robert & Andrew J. Walker. (1989) : An Introduction To The Physiology Of Crop Yield. John Wiley & Sons, ING, New york.

Tisdale L. Samuel and Werner L. Nelson (1970) Soil Fertility and Fertilizers. The Macmillan Company, New York.

Pantastico, ER.B. (1986) : Fisiologi Pascapanen Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buah dan Sayur-sayuran Tropika dan Sub-Tropika.Terjemahan oleh Kamaryani. Gajah Mada University Press.

Webster C.C. and P.N. Wilson (1981). Agriculture In The Tropics. William Clower & Sons, Limited, London.

Darjanto dan Siti Satifah, 1982. Biologi Bunga dan Teknik Penyerbukan Silang Buatan. Gramedia, Jakarta.

Januar Darmawan dan Justika Baharsjah. 1983. Dasar-dasar Ilmu Fisiologi Tanaman. Suryandaru Utama, Semarang.

Mul Mulyani Sutedjo dan S. Kartasapoetra, 1989. Tumbuhan dan Organ-organ Pertumbuhannya. Bina Aksara, Yakarta.

Gembong Tjitrosoepomo, 1985. Mrfologi Tumbuhan. Gdjah Mada University Press, Yogyakarta.

Sukaryo Kartasapoetra, 1988. Pengantar Anatomi Tumbuh-tumbuhan (Tentang Sel dan Jeringan). Bina Aksara, Yakarta.

Siti Sutarmi Tjitrosomo, S. Harran, A. Sudiarto, Hadisunarso, R. Mondong, T. Koesoemaningrat, 1983. Botani Umum I. Angkasa, Bandung.

Sri Setyati Harjadi, 1982. Pengantar Agronomi. Gramedia, Jakarta.

Copeland, L.O. 1976. Principles of Seed Scienceand Technology. Burgess Publishing Company. Mineapolis. 368p.

Sri Setyati Harjadi. 1996. Pengantar Agronomi. Gramedia. Jakarta. 197 h.

Kuswanto, H. 1997. Analisis Benih. Penerbit Andi. Yogyakarta. 140 h.

Rahardja dan Wahyu Wiryanto. 2003. Aneka Cara Memperbanyak Tanaman. Agromedia Pustaka. Jakarta. 104 h.

Sadjad, S. 1993. Dari Benih Kepada Benih. Rasindo. Jakarta. 144 h.

Sutopo, L. 1993. Teknologi Benih. Rajawali Press. Jakarta. 245 h.

Wirawan, B. Dan Sri Wahyuni. 2002 Memproduksi Benih Bersertifikat. Penebar Swadaya. Jakarta. 120 h.