

# Agronomi Tropis



Tati Nurmala - Aep Wawan Irwan  
Agus Wahyudin - Fiky Yulianto

# Agronomi Tropis



---

# Kata Pengantar

Dasar Agronomi merupakan kumpulan keilmuan dasar dari kegiatan pertanian, diramu berbagai implementasi dari dasar keilmuan lingkungan tumbuh dan potensi dari tanaman. Buku “Agronomi Tanaman Tropis” ini merupakan revisi dari Dasar Agronomi yang telah diterbitkan oleh Giratuna sejak tahun 2004. Dalam buku ini dilengkapi kegiatan keterampilan lapangan sebagai aspek psikomotorik yang mendukung kondisi dan kajian kegiatan pertanian, terutama kondisi dan kegiatan pertanian di daerah tropis.

Buku ini diharapkan akan bermanfaat bagi mahasiswa di Fakultas Pertanian untuk semua program studi di dalamnya.

Ucapan terimakasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan dan penulisan buku ini. Namun demikian buku ini masih belum sempurna, tiada gading yang tak retak. Kritik dan saran kami harapkan dalam penyempurnaan buku ini.

Bandung, Juni 2015

Penyusun



---

# Daftar Isi

Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi .....	vii
Daftar Gambar .....	xi
Daftar Tabel .....	xiii
Glosari .....	xv

## **Bab 1. Pendahuluan - 1**

1.1. Konsep Produksi .....	1
1.2. Pertanian, Budaya Pertama Manusia .....	3
1.3. Ketergantungan Kehidupan dari Sumber Hayati .....	4
1.4. Agronomi dan Perkembangan Ilmu .....	5

## **Bab 2. Klasifikasi Tanaman - 11**

2.1. Tujuan Klasifikasi Tanaman .....	11
2.2. Klasifikasi Botani .....	11
2.3. Klasifikasi Agronomi .....	17
2.3.1. Klasifikasi tanaman menurut siklus biologi tanaman .....	17
2.3.2. Klasifikasi tanaman menurut pengelolaan usaha perusahaan pertanian .....	18
2.3.3. Klasifikasi tanaman menurut kegunaan .....	18
2.3.4. Klasifikasi tanaman menurut pengaruhnya terhadap kesuburan tanah .....	21
2.3.5. Klasifikasi tanaman menurut kesesuaian tanaman terhadap iklim .....	21
2.3.6. Klasifikasi tanaman menurut adaptasi terhadap tata air tanah .	21

## **Bab 3. Daerah Asal Tanaman - 23**

## **Bab 4. Potensi Genetik Tanaman - 41**

## **Bab 5. Pengamatan Karakter Agronomi dan Deskripsi Tanaman - 49**

### **Bab 6. Faktor Lingkungan Tumbuh Tanaman - 59**

6.1. Faktor Biotik .....	59
6.1.1. Biotik bermanfaat .....	59
6.1.2. Inokulasi bakteri Rhizobium .....	60
6.1.3. Pupuk hayati .....	68
6.1.4. Biotik merugikan .....	71
6.2. Iklim dan Cuaca dalam Pertanian .....	73
6.3. Komponen Iklim dan Pengaruhnya pada Tanaman .....	75
6.3.1. Cahaya .....	75
6.3.2. Temperatur atau suhu .....	81
6.3.3. Curah hujan dan kelembaban udara .....	85
6.3.4. Angin .....	89
6.4. Tipe dan Pola Hujan .....	90
6.4.1. Tipe curah hujan menurut Schmidt dan Fergusson (1951) .....	90
6.4.2. Pola hujan menurut Oldeman (1975) .....	91
6.5. Tanah dan Kesuburan Tanah .....	93
6.5.1. Pengertian dan fungsi .....	93
6.5.2. Unsur hara tanaman .....	94
6.5.3. Kesuburan tanah .....	97
6.6. Bahan Organik Tanah .....	99
6.6.1. Pengertian bahan organik tanah .....	99
6.6.2. Komponen-komponen penyusun bahan organik tanah .....	99
6.6.3. Peranan bahan organik tanah .....	102
6.6.4. Peningkatan kandungan bahan organik tanah .....	104

### **Bab 7. Ekosistem Lahan Pertanian - 107**

7.1. Pertanian Lahan Kering .....	107
7.2. Pertanian Lahan Basah.....	113
7.2.1. Lahan rawa .....	117
7.2.2. Lahan pasang surut .....	119
7.2.3. Tanah gambut .....	121

## **Bab 8. Budidaya Tanaman - 125**

8.1. Persiapan Benih Tanaman .....	126
8.2. Pengolahan Tanah .....	128
8.3. Penanaman .....	129
8.3.1. Kedalaman tanam .....	131
8.3.2. Pemindahan tanaman .....	131
8.3.4. Penggunaan <i>starter solution</i> .....	143
8.3.5. Penentuan jarak tanam .....	134
8.4. Pemupukan .....	137
8.4.1. Pemupukan yang tepat .....	138
8.4.2. Penempatan pupuk .....	140
8.5. Pengairan .....	141
8.5.1. Kebutuhan air tanaman .....	141
8.5.2. Pengelolaan air .....	143
8.6. Konservasi Lahan .....	145
8.7. Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman .....	147
8.8. Panen dan Pascapanen .....	157

## **Bab 9. Sistem Usahatani - 159**

9.1. Usahatani Terpadu .....	159
9.2. Sistem Pertanian Terpadu .....	160
9.2.1. Konsep sistem pertanian terpadu .....	161
9.2.2. Wawasan sistem pertanian .....	161
9.2.3. Hidroponik .....	162
9.2.4. Pola tanam ganda.....	163
9.3. Sistem Pengelolaan Tanaman .....	172
9.3.1. Sistem pengelolaan air .....	172
9.3.2. Sistem pengelolaan gulma .....	174
9.3.3. Manajemen kesuburan tanah dalam sistem pertanaman .....	175
9.3.4. Sistem pertanaman dan Integrated Nutrient Management (INM) .....	176
9.3.5. Biofarming hyponica .....	178

## **Daftar Pustaka - 179**

## **Indeks - 183**



---

# Glosari

**Abiotik:** Komponen pada ekosistem yang tidak hidup/mati, berupa tanah dan cuaca atau iklim.

**Agronomi:** Salah satu disiplin ilmu dari ilmu pertanian yang merekayasa lingkungan biofisik dan biokimia, yaitu iklim dan tanah, yang berkaitan dengan tanaman dalam usaha produksi tanaman.

**Alelopati:** Senyawa toksik yang terdapat dalam tanah yang dikeluarkan oleh beberapa jenis tumbuhan

**Anatomi:** Cabang dari biologi yang berhubungan dengan struktur dan organisasi dari makhluk hidup

**Asam:** Senyawa organik yang memiliki gugus fungsional karboksil (-COOH) dan amina (biasanya -NH<sub>2</sub>)

**Asimilat:** Hasil tanaman yang biasanya diperoleh dari proses fotosintesis

**Attractant:** Senyawa yang mampu merangsang hewan agar datang ke arah senyawa tersebut

**Bahan organik:** Bahan di dalam atau permukaan tanah yang berasal dari sisa tumbuhan, hewan, dan manusia baik yang telah mengalami dekomposisi lanjut maupun yang sedang mengalami proses dekomposisi

**Bedengan:** Tanah yang telah diolah dan ditinggikan untuk mendapatkan tinggi lapisan olah dan drainase yang baik, biasanya mempunyai lebar 1-1,5 m dan tinggi 60 cm.

**Benih:** Bahan tanaman yang berasal dari biji

**Bibit:** Bahan tanaman yang berasal dari selain biji, dapat berupa organ vegetatif maupun bahan tanaman yang masih muda (hasil semai)

**Biokimia:** Ilmu yang mempelajari tentang peranan berbagai molekul dalam reaksi kimia dan proses yang berlangsung dalam makhluk hidup

**Bioteknologi:** Cabang ilmu yang mempelajari pemanfaatan makhluk hidup (bakteri, fungi, virus, dan lain-lain) maupun produk dari makhluk hidup

**Biotik:** Komponen pada ekosistem yang hidup, berupa hewan, tumbuhan, dan decomposer/pengurai

**Cuaca:** Keadaan atmosfer dalam jangka waktu yang pendek dan luasan yang terbatas

**Denitrifikasi:** Proses pembentukan nitrat menjadi bentuk nitrogen bebas di udara

**Diferensiasi:** Proses perubahan fungsi bagian tubuh tumbuhan

**Ekologi:** Ilmu yang mempelajari interaksi antara organisme dengan lingkungannya dan yang lainnya

**Ekstensifikasi:** Perluasan areal pertanian ke wilayah yang sebelumnya belum dimanfaatkan untuk meningkatkan produksi tanaman

**Erosi:** Peristiwa pengikisan padatan (sedimen, tanah, batuan, dan partikel lainnya) akibat transportasi angin, air atau es

**Evaporasi:** Proses penguapan air tanah akibat meningkatnya suhu di atmosfer

**Fisika tanah:** Ilmu yang mempelajari sifat fisik tanah

**Fisiologi:** Salah satu dari cabang-cabang biologi yang mempelajari berlangsungnya sistem kehidupan

**Fotosintat:** *Lihat asimilat*

**Fotosintesis:** Proses menghasilkan gula atau karbohidrat dan senyawa sampingan oksigen oleh tanaman dari bahan baku karbondioksida dan air dengan bantuan sinar matahari pada klorofil

**Fumigan:** Gas atau uap beracun yang dipakai untuk memberantas hama dalam tanah

**Fungisida:** Jenis pestisida untuk mengendalikan serangan jamur atau cendawan

**Gambut:** Jenis tanah yang sebagian besar berupa bahan organik, baik yang belum terdekomposisi lanjut maupun yang sudah terdekomposisi.

**Genesa tanah:** Ilmu yang mempelajari proses pembentukan tanah

**Genetika:** Ilmu yang mempelajari mengenai pewarisan sifat

**Ginofor:** Bagian dari batang kacang tanah yang menembus tanah dan bakal dari terbentuknya polong

**Gogo:** Jenis padi yang ditanam di lahan kering

**Gogo rancah:** Tanaman padi sawah yang ditanam antara musim kemarau dan musim hujan dengan menerapkan gabungan antara sistem gogo dan padi sawah.

**Hama:** Binatang berukuran makro yang merugikan bagi pertumbuhan dan hasil tanaman

**Hara:** Zat yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman yang berasal dari mineral

**Herbisida:** Jenis pestisida untuk mengendalikan gulma atau tumbuhan pengganggu

**Hibridisasi:** Proses mengawinkan atau menyilangkan baik dari spesies atau genus yang sama

**Hidroponik:** Budidaya tanaman pada media selain tanah ditambah dengan pemberian air dan nutrisi yang terkendali

**Iklim:** Keadaan atmosfer dalam jangka waktu yang lama dan dalam daerah yang luas

**Inang:** Organisme yang menampung virus, parasit, partner mutualisme, atau partner komensalisme, umumnya dengan menyediakan makanan dan tempat berlindung

**Insektisida:** Jenis pestisida untuk mengendalikan hama berupa serangga

**Intensifikasi:** Usaha peningkatan produksi tanaman dengan meningkatkan input tanaman tanpa memperluas lahan.

**Introduksi:** Usaha memasukkan suatu jenis hewan atau tumbuhan ke dalam satu habitat yang baru

**Irigasi:** Upaya yang dilakukan manusia untuk mengairi lahan pertanian

**Karakter agronomi:** Karakter tanaman yang mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman

**Klasifikasi tanah:** Ilmu yang mempelajari penggolongan berbagai jenis/ordo tanah

**Klorofil:** Pigmen yang dimiliki oleh berbagai organisme dan menjadi salah satu molekul berperan utama dalam fotosintesis

**Kompos:** Hasil penguraian parsial/tidak lengkap dari campuran bahan-bahan organik yang dapat dipercepat secara artifisial oleh populasi berbagai mikroorganisme.

**Kultur jaringan:** Salah satu cara perbanyakan bahan tanaman dengan cara mengisolasi bagian dari tanaman seperti sekelompok sel atau jaringan yang ditumbuhkan dengan kondisi aseptik

**Larikan:** Alur atau parit pada tanah yang telah diolah untuk penanaman

## Bab 1

---

# Pendahuluan

### 1.1. Konsep Produksi

Proses dasar produksi tanaman adalah fotosintesis yang merupakan konversi bahan baku atau input produksi, dengan bantuan energi radiasi matahari, berlangsung dalam klorofil disertai proses respirasi dalam mengakumulasi fotosintat atau asimilat yang berupa senyawa bahan organik dalam bentuk yang bernilai ekonomis dan bermanfaat bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya.

Proses produksi tanaman melibatkan beberapa komponen produksi yaitu :

1. Tanaman atau tumbuhan sebagai tempat berproses kegiatan produksi terutama pada jaringan yang mengandung klorofil yang berperan sebagai mesin biologis.
2. Pemasok bahan baku berasal dari lingkungan tumbuh tanaman, yang dibedakan sebagai lingkungan abiotik yaitu tanah sebagai suatu sistem media tumbuh dan iklim sebagai sistem atmosfer tumbuh. Sebagai lingkungan biotik adalah organisme dan mikroorganisme yang dibedakan dalam biotik menguntungkan dan biotik merugikan bagi produksi tanaman.
3. Faktor yang merupakan faktor pelancar (*acceleration factors*) produksi pertanian di suatu daerah adalah infrastruktur daerah antara lain irigasi; akses pasar; kondisi sosial ekonomi; lembaga keuangan dan transportasi.

## Pendahuluan

4. Bahan baku yang diproses adalah:  $\text{CO}_2$  tersedia di atmosfer;  $\text{H}_2\text{O}$  tersedia di dalam tanah, berasal dari curah hujan atau air irigasi, diserap oleh akar tanaman. Hara yang berupa hara organik dan anorganik yang diserap oleh bulu-bulu akar tersedia dari dalam tanah, berasal dari alam atau berupa pupuk.

Energi untuk fotosintesis merupakan energi potensial radiasi matahari. Produksi yang dihasilkan adalah fotosintat berupa senyawa bahan organik, yang merupakan energi kimiawi, berupa hasil panen yang bernilai ekonomis sebagai komoditas perdagangan (*trade articles*) misalnya berupa padi, kelapa sawit, karet, kopi, teh, buah-buahan, sayuran sebagai bahan baku industri (beras, minyak sawit, biji kopi, lateks dsb.).

Fotosintat yang dihasilkan adalah berupa:

- senyawa bahan organik yang paling sederhana adalah karbohidrat;
- senyawa karbohidrat yang labil adalah berupa gula, fruktosa, sukrosa;
- Senyawa karbohidrat cadangan (antara) adalah pati, lemak, dan minyak;
- Senyawa karbohidrat yang kompleks adalah minyak atsiri, pigmen, vitamin, protein, alkaloida dan metabolit sekunder lainnya;
- Senyawa karbohidrat yang akhir adalah selulosa atau serat.

Kebalikan dari proses fotosintesis adalah respirasi, yaitu sintesa atau penguraian dari senyawa organik yang terbentuk (fotosintat) untuk memperoleh energi kimiawi yang berupa senyawa fosfat kaya energi atau ATP (Adenosin Tri Phosphat) dengan bantuan enzim, yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Secara kimia terurai sebagai berikut:  $\text{C}(\text{H}_2\text{O})_n$  disintesis menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ , oleh karena itu terbentuknya gas  $\text{CO}_2$  menunjukkan adanya kehidupan yang bisa terukur; laju respirasi yang tinggi terdapat pada jaringan yang sedang tumbuh misalnya pada ujung pertumbuhan pucuk daun, sedangkan laju respirasi rendah terjadi pada jaringan yang dorman.

Pertumbuhan tanaman merupakan laju penambahan protoplasma, yang mengakibatkan bertamabahnya ukuran dan bobot organ tanaman ataupun bobot kering organ tanaman (daun, batang, akar, umbi, biji).

Perkembangan tanaman ditunjukkan dengan adanya pertumbuhan yang disertai dengan adanya diferensiasi sel, berupa perubahan terspesialisasi

dari organisasi anatomi dan fisiologi yang terjadi di dalam sel melalui proses metabolisme biokimia, misalnya terbentuknya bunga, buah dan biji.

Produksi tanaman melalui proses biologis merupakan kegiatan operasional yang kompleks. Keberhasilan produksi tanaman melibatkan faktor tanaman, faktor lingkungan tumbuh (biotik dan abiotik), pelaku pertanian (petani, pengusaha, dan pengambil kebijakan), dan lingkungan usaha yang melibatkan kondisi sosial, ekonomi, dan politik. Lingkungan tumbuh berupa faktor biotik adalah makhluk hidup yang berkaitan dengan pertanian, ada yang bermanfaat membantu keberhasilan penyerbukan (serangga penyerbuk), pupuk hayati, dan musuh alami. Ada pula yang merugikan berupa hama, penyakit, dan gulma.

Teknologi yang diterapkan penting diadopsi untuk keberhasilan produksi tanaman, yang meliputi inovasi mekanisasi, agrokimia, dan inovasi biologis, yaitu tersedianya varietas unggul, paket budidaya yang tepat dan spesifik wilayah, serta seorang manajer produksi atau pakar (*expert*) yang inovatif dan kreatif. Keberhasilan produksi tanaman merupakan resultan yang melibatkan seni, ilmu, dan bisnis.

## **1.2. Pertanian, Budaya Pertama Manusia**

Pertanian merupakan kebudayaan yang pertama kali dikembangkan manusia sebagai respon terhadap tantangan kelangsungan hidup yang berangsur menjadi sukar karena makin menipisnya sumber pangan di alam bebas akibat laju pertumbuhan manusia. Sejak manusia mulai berusaha sendiri menanam tumbuh-tumbuhan untuk kebutuhannya 12.000 tahun yang lalu, usaha untuk memperbaiki cara-cara bercocok tanam sangat lambat. Pengolahan tanah baru dipraktekkan antara 2500-3000 tahun sebelum Masehi, diduga pertama kali di Palestina. Diperkirakan 4000 tahun yang lalu, pengairan untuk pertanian sudah dilaksanakan di Mesir dan Cina, selanjutnya menyusul di lembah Mesopotamia dan India. Diduga potensi tanaman sudah dipraktekkan 1000 tahun sebelum Masehi di Jalur Gaza.

Di zaman Romawi, praktek domestikasi tanaman berkembang menjadi budaya seni, kemudian menjelma menjadi sebuah ilmu pengetahuan yang terus menerus digali kemungkinan terciptanya teknologi baru untuk meningkatkan produktivitas tanaman.

## Pendahuluan

Ilmu pertanian adalah kelompok ilmu pengetahuan terapan yang mempelajari segala aspek biologis, sosiobudaya, dan bisnis yang berkaitan dengan kegiatan usaha manusia dalam rangka meningkatkan pemanfaatan kekayaan alam hayati melalui proses produksi atau usaha ekstraksi selektif, untuk memenuhi perkembangan kebutuhan manusia dengan memperhatikan keseimbangan ekologi dan kelestarian produktivitas alam.

### **1.3. Ketergantungan Kehidupan dari Sumber Hayati**

Sejak kehadiran manusia di dunia, kelangsungan hidupnya selalu tergantung dari sumber hayati alam terutama tumbuh-tumbuhan hijau. Tumbuh-tumbuhan hijau melalui proses fotosintesis dapat mengkonversikan energi kinetis dari cahaya matahari menjadi energi kimia potensial berbentuk pangan dan bahan organik lainnya keperluan manusia seperti bahan sandang, pangan, obat-obatan, dan lain sebagainya yang berguna.

Semula manusia dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya dengan jalan pengumpulan dan pemburuan sumber pangan di alam bebas. Lama kelamaan cara hidup demikian itu tidak dapat dipertahankan, mengingat semakin langkanya sumber pangan di alam bebas itu, karena meningkatnya jumlah manusia. Sebagai respons terhadap tantangan kelangsungan hidup yang semakin gawat itu, maka manusia mencoba mengubah cara hidupnya menjadi bersifat lebih menetap melalui pengadaan pangan dan kebutuhan lainnya yang diproduksi sendiri.

Dengan jalan mencoba-coba dan tidak luput dari kegagalan-kegagalan, manusia berusaha terus untuk menanam tumbuh-tumbuhan yang benih dan bibitnya diperoleh dari usaha pengumpulan di alam bebas, disamping berusaha untuk menjinakkan binatang liar tunduk kepada perlakuan dan tuntutan kebutuhan manusia yang selalu meningkat. Peristiwa demikian lazimnya disebut “domestikasi” dan pada hakikatnya merupakan tonggak permulaan pertanian, di banyak negara adaptasi dengan peternakan disusul kemudian dengan bercocok tanam. Diduga perlakuan ini terjadi kira-kira 12.000 tahun yang lalu.

#### 1.4. Agronomi dan Perkembangan Ilmu

Agronomi adalah salah satu disiplin ilmu dari ilmu pertanian yang mempelajari aspek biofisik dan biokimia yang berkaitan dengan usaha penyempurnaan budidaya tanaman. Secara lebih rinci, pengertian agronomi adalah ilmu terapan yang mempelajari interaksi antara lingkungan biofisik dan biokimia seperti iklim, cuaca, lahan/tanah (termasuk organisme renik di dalamnya), topografi dan elevasi dengan tanaman, dengan tujuan menghasilkan fenotip tanaman dari genotip tertentu sesuai dengan keinginan manusia, khususnya penanam.

Budidaya tanaman adalah pengelolaan hamparan tanaman (pertanaman) memadukan faktor-faktor produksi secara sinergi dengan tujuan meningkatkan produksi bahan organik secara optimal, baik kuantitatif maupun kualitatif, atau bertujuan meningkatkan penampilan tanaman menurut selera konsumen (tanaman ornament dan tanaman bunga). Pengelolaan pertanaman mencakup kegiatan yang berkaitan dengan perbaikan lingkungan biofisik seperti pengelolaan tanah, perbaikan tata air tanah, pemupukan organik dan anorganik, pencegahan erosi, penggunaan mulsa, pengaturan pola tanam, dan pengendalian hama dan penyakit secara terpadu. Pengelolaan pertanaman meliputi kegiatan yang berkaitan dengan efisiensi pemanfaatan radiasi matahari, komponen iklim makro dan mikro lainnya, hara tanaman dan air tanah oleh tanaman. Kegiatan tersebut mencakup pemilihan benih atau bibit dengan genotip yang terpilih, pemeliharaan tanaman, dan proteksi tanaman terhadap hama dan penyakit tanaman, dari awal tanam sampai dengan panen, dengan selalu memperhatikan terpeliharanya keseimbangan ekologi secara berkelanjutan.

Agronomi berasal dari dua kata Yunani, yaitu “agros” dan “nomos”. Agros artinya tanah atau pertanaman, sedangkan nomos berasal dari kata kerja “namein” yang artinya mengelola atau manajemen (*management*). Dengan demikian agronomi bisa diterjemahkan sebagai ilmu yang berkaitan dengan *crop and soil management* agar dari suatu genotip tanaman tertentu dapat dihasilkan produksi bahan organik yang optimal atau bentuk tanaman yang dikehendaki dengan merekayasa interaksi faktor genetik tanaman dengan lingkungan biofisiknya, yaitu semua komponen iklim dan non biofisik.

Seorang ahli agronomi harus pandai memilih genotip tanaman atau

## Pendahuluan

kultivar tanaman yang paling cocok untuk suatu kondisi lingkungan fisik tertentu, sehingga diperoleh keluaran panen paling menguntungkan. Seorang ahli agronomi, disamping sebagai ilmuwan, harus pula berfungsi sebagai teknolog yang merancang skenario perbaikan budidaya tanaman melalui inovasi teknologi meningkatkan produksi pertanian secara kuantitatif dan kualitatif. Dalam memecahkan suatu permasalahan, seorang ahli agronomi harus berpedoman pada empat prinsip, yaitu (1) apakah penanganan itu secara teknik dimungkinkan atau relatif mudah, (2) apakah produksi tanaman yang dihasilkan itu ekonomis menguntungkan dilihat dari biaya produksi, (3) apakah cara pendekatan itu tidak bertentangan dengan norma-norma kemasyarakatan, dan (4) apakah penanganan itu tidak menurunkan produktivitas sumber daya alam serta mampu menjamin kelestarian lingkungan hidup.

Sejalan dengan perkembangan semua ilmu pengetahuan ke arah spesialisasi yang menyempit dan mendalam, maka ilmu agronomi juga berkembang menjadi dua disiplin ilmu, yaitu ilmu tanaman (*crop science*) dan ilmu tanah (*soil science*). Selanjutnya kedua disiplin ilmu tersebut berkembang menjadi beberapa sub disiplin ilmu seperti pemuliaan tanaman, ekologi tanaman, ilmu fisika tanah, ilmu kimia tanah, ilmu kesuburan tanah, ilmu genesa dan klasifikasi tanah.

Awal perkembangan agronomi merupakan tonggak awal perkembangan ilmu pertanian. Tulisan-tulisan utama yang otentik mengenai pertanian adalah berasal dari orang-orang Yunani, antara lain penyair **Heoid** yang pada tahun 776 SM membuat peraturan-peraturan bercocok tanam. Demikian pula sejarawan **Xenophon** (430-355 SM) menyebut bahwa membenamkan bahan hijau ke dalam tanah berarti memperbaiki kesuburan tanah. **Mago** dari Carthago (bekas kota perdagangan terkenal di teluk Tunisia, 814-746 SM) adalah seorang penulis yang rajin, ia menulis 28 buku mengenai pertanian. Ketika Carthago ditaklukkan oleh bangsa Romawi, buku-buku hasil karya Mago itu dibawa ke Roma dan kemudian diterjemahkan ke dalam bahasa Latin atas perintah senat Romawi. Buku-buku Mago selanjutnya menjadi bahan bacaan di kalangan penulis-penulis Romawi. Ketika itu pertanian merupakan kegiatan usaha yang terhormat bagi bangsa Romawi. Di antara praktek-praktek bercocok tanam yang dianjurkan oleh penulis bangsa

Romawi (**Cato**: 234-149 SM; **Varro**: 116-27 SM; dan **Columella**: abad pertama Masehi) antara lain adalah pengolahan tanah yang saksama, penggunaan pupuk hijau, panen leguminosa untuk perbaikan kesuburan tanah. Dengan dijajahnya Italia oleh orang-orang Barbar sekitar tahun 410 SM, maka hilang pula kegiatan pertanian. Ilmu agronomi yang terkumpul selama zaman Romawi akan lenyap begitu saja apabila tidak ada yang mengumpulkannya.

Pada tahun 1240, **Peter Crescentius** berhasil membuat kompilasi dari semua karya tulisan bangsa Romawi ke dalam satu volume, dan pada tahun 1563, **Palissy** menerbitkan sebuah buku tentang pertanian.

Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan alam, khususnya kimia, ada usaha untuk menerapkan ilmu ini guna menerangkan fenomena dan problema-problema yang berkaitan dengan pertumbuhan tanaman. Diketahui bahwa pupuk kandang, kompos, hewan yang mati, dan bagian-bagian hewan seperti darah dan tulang, semuanya meningkatkan kesuburan tanah. Perkembangan tersebut di atas terjadi dalam periode 1630-1750 yang dianggap sebagai permulaan berkembangnya studi mengenai hara tanaman dan komposisinya. Teori yang dianut pada waktu itu antara lain: (1) air, tanah, dan sendawa/pupuk merupakan “hara” tanaman, (2) penyerapan hara dilakukan tanaman melalui akarnya, (3) pengolahan tanah memperluas permukaan tanah karena itu memungkinkan tanaman menyerap hara lebih banyak, (4) rotasi tanaman mempertinggi hasil panen tanaman utama, (5) tanaman tumbuh baik jika suhu dan kelembaban tanah dalam keadaan optimal, dan (6) penggunaan pupuk kandang adalah efektif, karena membuat tanah menjadi remah (*crumble*).

Dalam periode 1750-1800 perhatian terhadap agronomi lebih meningkat. Banyak karya tulisan yang dibuat. Berbagai percobaan diadakan, perhimpunan-perhimpunan ilmiah didirikan, dan penerapan ilmu kimia untuk menerangkan problema-problema pertumbuhan tanaman semakin meningkat. Untuk mempelajari problema hara tanaman, **Francis Home** telah mengintroduksi dua metode penelitian, yaitu kultur pot dan analisis tanaman. Kedua metode ini telah memberikan jasanya di tahun-tahun kemudian.

**Priestly** (1775) dan **Ingen-House** (1779) mempelajari pengaruh tumbuh-tumbuhan terhadap komposisi udara. Telah diketahui oleh Priestly pada waktu itu, pernafasan hewan dan api mengotori udara, sedangkan tumbuh-

dan aplikasinya pada proses-proses yang terjadi di dalam tanah. Antara lain ditemukan bahwa proses nitrifikasi, denitrifikasi, dan dekomposisi bahan organik adalah proses biokimia.

Dalam abad ke-20 ini dengan berkembangnya ilmu pengetahuan alam secara pesat, maka banyak teori-teori terdahulu lebih dielaborasi dan disamping itu lahir pula berbagai konsep baru mengenai tanaman dan lingkungan sehingga antara lain memungkinkan penemuan bentuk-bentuk tanaman yang ideal, dan yang dapat memanfaatkan energi matahari dan hara tanaman yang tersedia di dalam tanah secara lebih efisien.

Dalam proses perkembangan ilmu agronomi, peranan biokimia, ekologi, dan biometrika makin tampil ke depan. Ilmu-ilmu penunjang ini makin terasa diperlukan untuk menerangkan hasil-hasil kuantitatif yang ditemukan dalam penelitian ilmu agronomi. Tiga puluh tahun menjelang berakhirnya abad ke-20 terjadi perkembangan bioteknologi modern berbasiskan ilmu biologi molekuler antara lain memungkinkan persilangan antar spesies, tanaman transgenik, dan kultur jaringan.

## Bab 2

---

# Klasifikasi Tanaman

### 2.1. Tujuan Klasifikasi Tanaman

Tujuan klasifikasi tanaman adalah untuk memungkinkan rang mempelajari berbagai spesies tanaman menurut sistematika tertentu sehingga memudahkan pengenalan. Banyak daerah di Indonesia maupun di negara lain yang memberikan nama yang berbeda-beda kepada satu spesies yang sama. Sebaliknya ada juga daerah-daerah, yang memberikan nama yang sama kepada beberapa spesies tanaman yang berbeda. Maka diperlukan adanya satu terminologi yang seragam, dapat dimengerti, dan diikuti oleh para ilmuwan di dunia.

### 2.2. Klasifikasi Botani

**Carl Linnaeus** (1707-1778), seorang ahli botani kenamaan, telah berjasa menciptakan dan mengembangkan suatu sistem klasifikasi tumbuh-tumbuhan berdasarkan sistem binomial yang hingga sekarang digunakan sebagai nomenklatur botani di dunia. Dengan nomenklatur binomial, maka suatu jenis tumbuh-tumbuhan tertentu dinyatakan dengan genus diikuti dengan penunjukkan spesiesnya. Yang dimaksud spesies adalah kumpulan tumbuh-tumbuhan yang mempunyai persamaan-persamaan morfologi dari bagian tumbuh-tumbuhan yang fundamental, mempunyai persamaan dalam proses reproduksi dan dari generasi ke generasi memberikan keturunan yang

mempunyai sifat-sifat dasar yang tidak berbeda dengan induk asalnya. Genus adalah kumpulan dari spesies. Nama genus selalu ditulis dengan huruf besar. Nama spesies sering dikaitkan dengan sifat khas dari tumbuh-tumbuhan yang bersangkutan, habitat, tempat asal, atau nama seseorang yang telah berjasa dalam bidang botani. Di bawah ini diberikan beberapa contoh:

- *Ipomoea aquatica* (aquatic menunjukkan habitat dari spesies tersebut adalah air);
- *Musa textilis* (textilis menunjukkan bahwa spesies tersebut digunakan sebagai bahan serat);
- *Triticum vulgare* (vulgare berarti biasa);
- *Piper nigrum* (nigrum berarti hitam)
- *Havea brasiliensis* (tanaman ini berasal dari Brasilia);
- *Prunus basseyi* (basseyi diambil dari nama seorang ahli botani bernama **Charles Bassey**).

Di belakang spesies dicantumkan nama singkatan dari seseorang yang pertama kali mengadakan deskripsi sifat-sifat dari spesies yang bersangkutan dan diterima oleh dunia ilmu pengetahuan. Misalnya *Oryza sativa* L.; L. adalah singkatan dari **Linnaeus**.

Berdasarkan klasifikasi botani, tumbuh-tumbuhan dibagi ke dalam divisio atau **phyla** (kata jamak dari phylum). Tiap phylum dibagi lagi berturut-turut dalam kelas, ordo, famili, genera (kata jamak dari genus), dan spesies. Jika tiap kelompok itu besar, maka dibagi-bagi lagi menjadi subphyla, subkelas, subordo, subfamily, subgenera, dan subspecies. Phyla selalu berakhiran kata -phyta, yang berarti tumbuh-tumbuhan. Kelas biasanya berakhiran kata -ae, ordo berakhiran kata -ales, dan famili berakhiran kata -ceae.

Ada empat phyla, yaitu (1) **Thallophyta**, (2) **Bryophyta**, (3) **Pteridophyta**, dan (4) **Spermatophyta**.

Thallophyta meliputi bentuk-bentuk tumbuh-tumbuhan yang paling rendah dan paling sederhana yang kini terdapat di dunia. Ada kira-kira 85.000 spesies, banyak diantaranya hanya mempunyai satu sel. Tumbuh-tumbuhan meliputi bentuk-bentuk tumbuh-tumbuhan yang paling rendah dan paling sederhana yang kini terdapat di dunia. Tumbuh-tumbuhan yang tergabung di dalam phylum ini tidak mempunyai batang, daun, dan akar yang sejati dan tidak menghasilkan bunga atau biji. Thallophyta terdiri dari dua subphyla, yaitu algae dan fungi.

Algae atau ganggang diperkirakan meliputi 20.000 spesies algae, hidup, dan berkembangbiak di dalam air. Banyak diantaranya yang berperan penting sebagai bahan pangan dan bagi kelangsungan hidup manusia.

Di alam bebas, phyto-plankton algae merupakan makanan bagi protozoa, dan kedua-duanya merupakan makanan bagi **crustaceae**, selanjutnya crustaceae merupakan makanan bagi ikan-ikan kecil, dan ikan-ikan kecil dimakan oleh ikan-ikan yang lebih besar.

Beberapa spesies dari algae dapat dijadikan bahan makanan bagi manusia, seperti *Chlorella*, yaitu ganggang hijau yang hidup di dalam air tawar, agar-agar laut diantaranya *Euchema horridum*, *Euchema gelatinae*, *Euchema sera*, *Euchema spinosum*, *Turbinaria conoides*, *Turbinaria ornata*, *Sargassum aquifolium*, *Sargassum polycystrum*, dan *Gracilaria lichenoides*.

Beberapa spesies dari Cyanophyceae atau ganggang biru dapat mengikat nitrogen dari udara dan bila hidup di sawah dapat menambah hara nitrogen ke dalam tanah sawah, seperti misalnya *Nostoc* dan *Anabaena*.

Fungi atau cendawan membuat dunia ini dapat didiami oleh manusia, hewan, dan tumbuh-tumbuhan hijau. Beberapa spesies diantaranya merupakan pembersih sampah asal tumbuh-tumbuhan maupun hewan yang mampu melapukkan sisa-sisa tersebut menjadi senyawa-senyawa yang dikembalikan kepada tanah dan atmosfer dalam bentuk yang dapat digunakan oleh organisme hidup lainnya. Proses pelapukan bahan organik dari bentuk senyawa yang kompleks menjadi senyawa-senyawa yang dapat diserap oleh akar tumbuh-tumbuhan disebut mineralisasi.

Disamping peranannya dalam proses mineralisasi, fungi mempunyai peranan juga dalam memperbaiki struktur tanah. Partikel-partikel tanah diikat oleh mycelia dan oleh lapukan bahan organik menjadi agregat-agregat tanah yang menjadi besar sehingga struktur tanah itu menjadi remah (gembur).

Beberapa spesies dari fungi Saprophyta dapat menghasilkan produk-produk yang berguna bagi manusia, seperti alkohol, gliserin, asam laktat, penisilin, streptomisin, dan aureomisin. Ketiga produk terakhir adalah antibiotika. *Rhizopus oryzae* merupakan cendawan tempe dan oncom (warna putih) yang berguna, karena dapat mengubah bagian-bagian dari biji kedelai

dan kacang tanah yang susah dicernakan menjadi mudah dicernakan. Dalam proses ini, legumine dan lemak dapat diuraikan, karbohidrat (zat pati) menjadi dekstrosa, serta dinding-dinding sel yang tebal menjadi hancur. Cendawan oncom lainnya dengan kegunaan yang sama adalah *Monilia sitophila* (warna mycelium orange). *Auricularia bulliar* (supa lembar) dan *Volvarea volvaceae* var. *edulis* (jamur padi) adalah spesies fungi yang dapat dimakan oleh manusia dan sangat digemari orang.

Banyak spesies dari fungi tidak hidup saprophytis tetapi untuk memperoleh makanannya tergantung dari organisme hidup lainnya. Fungi dengan sifat demikian disebut patogen. Fungi patogen menimbulkan penyakit pada manusia, hewan, dan tumbuh-tumbuhan. Tidak jarang penurunan produksi atau kegagalan panen hasil tanaman disebabkan oleh fungi patogen. Beberapa contoh penyakit tanaman: *Biricularia* yang menyebabkan kehampaan buah padi (gabah); penyakit “bulai” pada tanaman jagung yang disebabkan oleh *Sclerospora maydis*, penyakit karat pada tanaman gandum yang disebabkan oleh *Puccinia* spp., *Phytophthora nicotinae*, penyakit lanas pada tembakau, *Rosellina arcuata* penyerang akar tanaman teh, *Fomes lignosus* yang merusak akar tanaman karet (cendawan akar putih) dan *Hemileia vastitrix* yang menyerang daun kopi.

Bryophyta mencakup kira-kira 23.000 spesies terbagi dalam tiga kelas yaitu: Musci (lumut), Hepaticae (liverwort) dan Abthocerotae (hornwort). Seperti Thallophyta, Bryophyta tidak berbatang dan berdaun sungguh, juga tidak mempunyai bunga dan biji. Bryophyta me-ngandung pigmen, chlorophyll a dan b, carotene dan xanthophyl seperti ganggang hijau. Fakta ini dijadikan alasan bahwa Bryophyta adalah tingkat evolusi lanjutan dari ganggang hijau. Bryophyta tumbuh di tempat-tempat yang sangat lembab dan teduh.

**Pteridophyta** terdiri dari kira-kira 5.000 spesies yang secara kolektif disebut tumbuh-tumbuhan paku. Pteridophyta mempunyai batang dan daun, dan reproduksi terjadi dengan spora. Beberapa spesies digemari orang sebagai tanaman hias, seperti misalnya *Lycopodium* spp. dan *Alsophilla* spp. Tetapi ada juga beberapa spesies yang dapat merupakan tumbuh-tumbuhan pengganggu seperti misalnya *Salvinia molesta*, *Salvinia natans* dan *Marsilea crenata*; semuanya merupakan tumbuh-tumbuhan air.

**Spermatophyta** meliputi tumbuh-tumbuhan berbunga dan berbiji.

Tumbuh-tumbuhan dari phylum ini adalah tumbuh-tumbuhan yang dalam evolusi mempunyai bentuk termaju. spermatophyta terdiri dari kurang lebih 135.000 spesies, terbagi dalam dua kelas, yaitu Gymnospermae dan Angiospermae.

**Gymnospermae** mempunyai biji terbuka (kata "gymnosperm" artinya biji terlarang). Diduga kelahiran gymnospermae di dunia ini sudah 300 juta tahun dan merupakan evolusi lanjutan dari tumbuh-tumbuhan paku. Beberapa spesies adalah penghasil kayu bahan bangunan yang baik, seperti antara lain *Pinus mercurii*, *Agathis alba* dan *Sequoia* spp. Spesies yang disebut terakhir adalah penghasil kayu utama di amerika Serikat, khususnya di California dan Oregon. Beberapa spesies lainnya digunakan sebagai tanaman hias, seperti *Cycas rumphii*. *Gnetum gnemon* adalah spesies yang sering ditanam di pekarangan sebagian penghasil bahan makanan, yaitu tangkil atau melinjo.

**Angiospermae** dibagi dalam dua sub-classis, yaitu Monocotyledoneae dan Dycotyledoneae, masing-masing mempunyai satu dan dua cotyledon dalam bijinya. Angiospermae adalah tumbuh-tumbuhan berbunga dengan biji tertutup dalam bakal buah (ovari). Angiospermae mencakup banyak sekali spesies tumbuh-tumbuhan yang mempunyai nilai ekonomis penting, dan dewasa ini ditanam secara meluas di dunia.

Ada dua familia tanaman yang sangat berjasa bagi kelangsungan hidup umat manusia, yaitu Gramineae (Monocotyledoneae) dan Leguminoceae (Dicotyledoneae). Gramineae meliputi kurang lebih 5.000 spesies. Diantara spesies yang ekonomis sangat penting adalah padi (*Oryza sativa*), gandum (*Triticum* spp.) dan jagung (*Zea mays*) yang merupakan bahan makanan pokok sebagian besar penduduk di dunia. Tanaman pangan lainnya yang juga penting adalah (*Sorghum vulgare*), gandrung atau hanjeli (*Coix lacryma-jobi*), oats atau haver (*Avena sativa*), barley (*Hordeum* spp.), rye atau rogge (*Secale sereale*) dan tebu (*Saccharum officinarum*). Banyak spesies dari Gramineae juga merupakan tanaman makanan ternak yang penning, seperti misalnya rumput Benggala (*Panicum maximum*), rumput austruili (*Paspalum dilatatum*) dan rumput gajah (*Pennisetum purpureum*); bambu (*Bambusa* spp.) adalah spesies Gramineae yang banyak sekali manfaatnya untuk kerajinan, bahan bangunan, bahan kertas, pencegah erosi dan lain sebagainya. Tidak kalah pentingnya adalah peranan beberapa spesies

Gramineae sebagai pencegah erosi karena sistem perakarannya yang luas dan dalam, sebagai ornamen (penghias) pekarangan dan taman, serta sebagai tanaman untuk lapangan olah raga.

Leguminoceae terdiri dari tiga sub famili, yaitu Mimosaceae, Caesalpiniaceae dan Papilionaceae serta meliputi kira-kira 11.000 spesies. Keunikan dari leguminosa adalah kemampuannya untuk mengikat nitrogen bebas dari udara secara simbiotik dengan pertolongan bakteri *Rhizobium radicicola*. Karena itu leguminosa memegang peranan yang sangat penting bagi peningkatan kesuburan tanah. Banyak spesies leguminosa merupakan penghasil bahan pangan penting sebagai sumber protein nabati, seperti antara lain kedelai (*Glycine max*), kacang tanah (*Arachis hypogaea*), kacang hijau (*Phaseolus radiatus*), kacang merah (*Phaseolus vulgaris*), kratok atau roay (*P. lunatus*), kacang uci (*P. calcaratus*), kecipir atau jaat (*Psophocarpus tetragonolobus*) dan kacang panjang (*Vigna sinensis*). Spesies yang mempunyai peranan multi-fungsi sebagai makanan ternak, penutup tanah dan pupuk hijau adalah antara lain *Centrosema pubescens*, *Calopogonium mucunoides*, kudzu (*Pueraria triloba*), *Desmodium* spp., *Crotalaria juncea*, *C. anagyroides* dan *C. usaramoensis*. Beberapa spesies leguminosa berperan sebagai pohon pelindung tanaman kopi atau kakao seperti dadap (*Erythrina lithosperma*), jayanti (*Sesbania sesban*), pete cina atau peuteuy selong (*Leucaena glauca*) dan jeungjing (*Albizia* spp.).

Di samping Gramineae, famili lainnya dari Monocotyledoneae yang spesiesnya banyak memberikan kesejahteraan bagi umat manusia karena nilai ekonomisnya, adalah antara lain :

- Palmae, misalnya kelapa (*Cocos nucifera*), kelapa sawit (*Elaeis guineensis*), sagu (*Metroxylon* spp.), lontar atau siwalan (*Borassus flabillifer*), aren (*Arenga pinnata*) dan rotan (*Calamus* spp., *Daemonorops* spp. dan *Kortalsia* spp.).
- Musaceae, misalnya pisang meja (*Musa paradisiaca*) dan pisang manila (*Musa textilis*).
- Zingiberaceae, misalnya jahe (*Zingiber officinalis*), temulawak atau koneng gede (*Cucurma xanthorrhiza*) dan kapul atau kapulaga (*Amomum cardamomum*).
- *Orchidaceae* dengan spesiesnya vanili (*Vanilla planifolia*) dan berbagai

jenis anggrek, antara lain *Dendrobium spp.*

Dari Dicotyledoneae, selain leguminosa famili lainnya yang ekonomis penting antara lain adalah:

- Euphorbiaceae dengan spesiesnya karet (*Hevea brasiliensis*), ubi kayu (*Manihot utilisima*) dan kemiri (*Aleurites moluccana*).
- Malvaceae dengan spesies pentingnya kapas (*Gossypium spp.*) dan rosela (*Hibiscus sabdariffa*).
- Rubiaceae dengan spesies pentingnya kopi (*Coffea spp.*)
- Theaceae dengan spesiesnya Tea sinensis
- Rutaceae dengan spesiesnya jeruk (*Citrus spp.*)
- Myrtaceae dengan spesiesnya cengkeh (*Eugenia aromatica*).
- Solanaceae dengan spesiesnya tembakau (*Nicotiana tabacum*).

### 2.3. Klasifikasi Agronomi

Klasifikasi tanaman menurut kepentingan agronomi dapat ditinjau dari berbagai segi, yaitu didasarkan atas :

- siklus biologis tanaman (umur tanaman)
- pengelolaan usaha/perusahaan pertanian
- kegunaan tanaman
- pengaruh tanaman terhadap kesuburan tanah
- kesesuaian tanaman terhadap iklim
- adopsi tanaman terhadap tata air tanah
- cara pembiakan

#### 2.3.1. Klasifikasi tanaman menurut siklus biologi tanaman

Menurut klasifikasi ini tanaman digolongkan menjadi :

##### 1. Tanaman semusim atau tanaman setahun (*annual crops*)

Umur tanaman tidak lebih dari satu tahun dari kecambah sampai dengan panen. Setelah panen tanaman itu hiasanya mati, atau jika tumbuh terus karena bertunas panen berikutnya akan sangat merosot produksinya. Contohnya: jagung, padi, tembakau dan rosela.

##### 2. Tanaman keras atau tanaman tahunan (*perennial crops*)

Umur tanaman lebih dari satu tahun. Umumnya panen hasil lebih dari satu kali, kecuali antara lain tanaman penghasil kayu dan tanaman kopi, kakao dan teh.

3. Tanaman-tanaman yang umurnya lebih dari satu tahun, tetapi hasilnya telah dapat dipungut kurang dari satu tahun sekitarnya (*biannual crops*), seperti tebu dan rumput.

### **2.3.2. Klasifikasi tanaman menurut pengelolaan usaha perusahaan pertanian**

Berdasarkan klasifikasi ini tanaman dapat digolongkan menjadi:

1. tanaman usahatani (*farm crops*) termasuk perkebunan rakyat
2. tanaman perkebunan besar (*estate crops*)

Tanaman pertanian rakyat khususnya tanaman pangan diusahakan dalam luasan lahan kecil-kecil, umumnya di Jawa, kurang dari 1 ha (hektar) baik di sawah maupun di lahan kering (tegalan, pekarangan, kebun). Perkebunan rakyat umumnya di luar Jawa dengan luas bervariasi antara 1 ha sampai rata-rata 5 ha.

Berbeda dengan tanaman pertanian rakyat, tanaman perkebunan besar dikelola menurut manajemen dan teknologi modern disertai investasi modal perusahaan yang lebih intensif. Batasan lainnya adalah bahwa luas lahan perkebunan besar minimal 25 ha. Semua produk dan produk-sampingan perkebunan dilempar ke pasar, baik sebagai bahan mentah maupun sebagai bahan yang sudah cliolah. Contoh: kelapa sawit, karet, teh, kopi, tembakau, rosela dan gula tebu. Tanaman panganpun dapat diusahakan secara perkebunan. Contohnya: perkebunan padi yang diusahakan oleh PT Palembang Rice Estate dan perkebunan jagung dan ketela pohon di Lampung yang diusahakan oleh PT Mitsugoro serta perkebunan tebu.

### **2.3.3. Klasifikasi tanaman menurut kegunaan**

Menurut kegunaan tanaman dapat dibagi dalam dua golongan, yaitu:

1. Tanaman pangan
2. Tanaman non pangan

Kedua golongan tersebut dapat dibagi lagi dalam sub-sub golongan dengan perincian sebagai berikut :

1. Tanaman pangan

Tanaman pangan dapat dibagi berdasarkan gizi maupun berdasarkan bentuk produk yang dihasilkan.

Berdasarkan gizi, tanaman pangan dapat diklasifikasikan menjadi :

- a. Tanaman penghasil karbohidrat  
Contoh: padi (*Oryza sativa*), jagung (*Zea mays*), gandum (*Triticum spp.*), sorgum (*Sorghum vulgare*), ketela pohon, ubi rambat (*Ipomoea batatas*), kentang (*Solanum tuberosum*), gembili (*Coleus tuberosus*), talas (*Colocasia esculanta*), sente (*Alocasia macrorrhiza*), arrouroat (*Maranta arundinaceae*), ganyong (*Canna edulis*) dan sagu (*Metroxylon sagus*).
- b. Tanaman penghasil protein  
Contoh: kedelai, kacang tanah, kecipir dan tanaman kacang-kacangan lainnya.
- c. Tanaman penghasil lemak atau minyak  
Contoh: kacang tanah, bunga matahari (*Helianthus annuus*), wijen (*Sesamum indicum*), kelapa (*Cocos nusifera*), dan kelapa sawit.
- d. Tanaman penghasil mineral dan vitamin  
Contoh : sayur-sayuran dan buah-buahan

Berdasarkan bentuk produk yang dihasilkan, tanaman pangan dibagi menjadi :

- a. Tanaman serealia (cereals)
  - b. Tanaman kacang-kacangan (pulses)
  - c. Tanaman umbi-umbian (root atau tuber crops)
  - d. Tanaman hortikultura (horticultural crops)
  - e. Tanaman penghasil gula (sugar crops)
  - f. Tanaman kelapa dan sejenisnya.
2. Tanaman non pangan terdiri dari :
- a. Tanaman serat  
Contoh: kapas (*Gossypium sp.*), rosela (*Hibiscus rosasinensis*), jute (*Corchorus capsularis*), jute jawa (*H. cannabinus*), rami (*Bochmera nivea*), sisal (*Agave sisalana*), kantala (*Agave cantata*), serat manila atau abaka (*Musa textilis*), kapok (*Ceiba petandra*), dan linnen (*Linum usitatissium*).
  - b. Tanaman penyegar  
Contoh: teh, kopi, coklat (*Theobroma cacao* dan *T. lieocarpa*), tembakau, sirih (*Piper betle*), pinang (*Areca catechu*) dan gambir (*Uncaria gambir*).

c. Tanaman rempah-rempah

Contoh: Lada (*Piper nigrum*), pala (*Nyristica fragans*), cengkeh, Lombok atau cabe (*Capsicum annum*), cengek atau cabe rawit (*Capsicum frutescens*), jahe atau gember (*Zingiber officinale*), kunyit atau kunir (*Curcuma domestika*), kapul (*Amomum cardamomum*), kayu manis (*Cinnamomum burmani*) dan vanili.

d. Tanaman obat-obatan

Contoh: kina (*Cinchona ledgeriana* dan *Cinchona succirubra*), koka (*Eritoxylon coca* dan *E. novogranatense*), kumis kucing (*Orthosiphon grandiflorus*), dan temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*).

e. Tanaman getah

Contoh: karet, guttapercha (*Palaguium oblongifolium*), benzoe atau menyan (*Styrax benzoin* dan *S. praleloneurus*) dan *Pinus mercusii*.

f. Tanaman minyak atsiri

Contoh: Sitrunela (*Andropogon nardus*), akar wangi atau *vetiver* (*Andropogon zizannioides*), kananga (*Cananga odoratum*) dan nilam atau patchpuli (*Pogostemon cablin*).

g. Tanaman penghasil bahan penyamak dan cat

Contoh: *Accacia decurrens* dan galugu (*Bixa orellana*).

h. Tanaman makanan ternak

Contoh: rumput benggala, rumput gajah, rumput austru dan kudzu. Tanaman makanan ternak dapat diberikan dalam keadaan segar (*soiling*) maupun setelah dikeringkan (*hay*) atau setelah di fermentasikan (*silage*). Nama umum bagi makanan ternak yang berwujud hijauan disebut *forage*. Jika tanaman itu langsung dimakan ternak di lapangan disebut *pasture crops*.

i. Tanaman pupuk hijau dan pelindung

Contoh: Orok-orok (*Crotalaria juncea*, *Crotalaria anagyroides*, *Crotalaria usaramoensis*), kudzu, dadap, pete cina *Tephrosia candida*.

j. Tanaman kayu bangunan dan kayu bakar

Contoh: jati (*Tectona grandis*), rasamala (*Altingia exellsa*), turf (*Sesbania grandiflora*), jeungjing (*Albizia spp.*), *Agathis alba* dan *Pinus mercusii*.

k. Tanaman non pangan lainnya

Contoh: jarak (*Ricinus communis*), tuba (*Derris elliptica*), kemiri (*Aleurites montana*), pirethrum (*Crysanthemum cinerariaefolium*) dan lies-lies

(*Amorphophallus oncophyllus*, *A. variabilis* dan *A. campanulatus*).

1. Tanaman hias atau ornamen dan bunga potong.

#### **2.3.4. Klasifikasi tanaman menurut pengaruhnya terhadap kesuburan tanah**

Berdasarkan pengaruhnya terhadap kesuburan tanah, tanaman dapat dibagi menjadi :

1. Tanaman yang menguras kesuburan tanah (*soil depleting crops*)  
Contoh: ketela pohon dan akar wangi
2. Tanaman yang mengawetkan tanah (*soil conserving crops*)  
Contoh: berbagai jenis rumput.
3. Tanaman yang meningkatkan kesuburan tanah (*soil building crops*)  
Contoh: berbagai jenis leguminoceae yang menutup tanah.

#### **2.3.5. Klasifikasi tanaman menurut kesesuaian tanaman terhadap iklim**

Berdasarkan kesesuaian terhadap iklim, tanaman dapat dibagi dalam

1. Tanaman tropis  
Contoh: pisang, kelapa, kelapa sawit dan karet.
2. Tanaman subtropis dan iklim sedang  
Contoh: gandum, kubis (*Brassica oleraceae*), kentang dan apel (*Malus pumila*).

Dengan karya manusia melalui pemuliaan tanaman komersial dan rekayasa genetik (transgenik), banyak jenis tanaman yang dapat ditingkatkan daya adaptasinya terhadap iklim sehingga kemudian mempunyai daerah penyebaran penanaman yang luas. Contohnya tanaman padi, jagung, gandum dan berbagai jenis sayur-sayuran dan buah-buahan.

#### **2.3.6. Klasifikasi tanaman menurut adaptasi terhadap tata air tanah**

Berdasarkan habitat khususnya tata air tanah, tanaman dapat digolongkan menjadi:

1. Hidrophyta  
Contoh: padi sawah
2. Mesophyta  
Contoh: semua tanaman yang mempunyai nilai ekologis penting
3. Xerophyta  
Contoh: semua jenis tanaman yang hidup di daerah kering (arid).

## Bab 3

---

# Daerah Asal Tanaman

Sejumlah jenis tanaman penting yang diusahakan di Indonesia berasal dari tempat lain di dunia yang diintroduksi ke Indonesia oleh kaum pendatang. Dua migrasi yang besar dari benua Asia membanjiri Indonesia, yang pertama ialah Proto-Melayu dan yang kedua ialah Deutero-Melayu. Migrasi terakhir ini membawa budidaya jenis-jenis tanaman yang waktu itu belum dikenal oleh penduduk asli, antara lain tanaman padi. Budidaya padi ini berkembang dengan pesat dan mengambil peranan penting di dalam menjayakan kerajaan-kerajaan Hindu, seperti kerajaan Majapahit.

Dengan bermunculannya kerajaan-kerajaan Hindu dan masuknya agama Islam ke Indonesia, maka kontak Indonesia dengan negara-negara lainnya bertambah ramai. Orang-orang Portugis dan Spanyol yang datang ke Indonesia untuk berdagang, agaknya paling berjasa dalam memperkenalkan jenis-jenis tanaman yang dewasa ini telah mendatangkan keuntungan ekonomis bagi Indonesia seperti karet, kina, kopi, teh, tembakau, ubi jalar, ketela dan kacang tanah. Kemudian orang-orang Belanda yang mengembangkan budidaya jenis-jenis tanaman tersebut.

Karena kurangnya data, maka sulit untuk dengan pasti menetapkan jenis-jenis tanaman apa yang asli terdapat di Indonesia. Juga karena zaman Geologis muda di Indonesia mengalami perubahan bentuk wilayah, banyak daerah-daerah yang lenyap dan banyak pula yang timbul.

Data tentang jenis-jenis tanaman asli yang terdapat di suatu daerah dapat diperoleh dari:

1. Data arkeologis

Penemuan benda-benda purbakala yang ada kalanya dapat memberikan keterangan.

2. Data etnologis

Digunakannya beberapa jenis tanaman untuk upacara keagamaan atau adat istiadat dan adanya pantangan-pantangan terhadap penggunaan jenis-jenis tanaman tertentu.

3. Data linguistik

Apabila suatu jenis tanaman terdapat dalam banyak bahasa daerah, maka ini menunjukkan bahwa di daerah yang bersangkutan tanaman tersebut telah diketahui orang sejak lama. Namun bahasa itu sulit untuk dijadikan pegangan, karena bahasa itu hidup dan cepat mengalami perubahan. Banyak istilah atau kata di dalam bahasa lenyap karena perkembangan bahasa. Sering pula tanaman-tanaman yang berlainan spesies, genus atau familinya diberi nama yang sama. Sebaliknya terjadi pula bahwa untuk satu jenis tanaman tertentu diberi nama daerah yang berbeda.

Beberapa ilmuwan telah berusaha menyusun teori mengenai asal tanaman. CHARLES ROBERT DARWIN (1809-1882) dalam bukunya "On the Origin of Species by Means of Natural Selection" (1859) berpendapat bahwa semua tumbuh-tumbuhan juga binatang berasal dari hanya beberapa prototip saja (mungkin pula hanya dari satu prototip saja) melalui proses evolusi. Tumbuh-tumbuhan dengan bentuk yang lebih maju tadinya terjadi dari bentuk-bentuk yang sederhana. Perubahan bentuk terjadi karena perubahan lingkungan fisik, hibridisasi secara alamiah dan campur tangan manusia sendiri. Karena itu pada umumnya sulit dicari kaitan antara bentuk tumbuh-tumbuhan sekarang dengan bentuk liarnya.

Dalam bukunya berjudul "Origin of Cultivated Plants" (1882) Alphonse Pyrame de Candolle (1808-1893) mengatakan bahwa perubahan spesies dari bentuk liarnya menjadi tanaman dalam bentuk seperti sekarang, terjadi karena pengaruh manusia secara langsung, yang terdesak oleh kebutuhan yang selalu meningkat, beralih dari fase pengumpulan ke fase bercocok tanam dan dalam hal ini dimungkinkan karena ditunjang oleh lingkungan fisik yang membantu.

Menurut anggapan Gregor Johan Mendel (1965) tanaman budidaya terbentuk melalui serentetan proses hibridisasi, penyilangan sendiri dan seleksi manusia. Dengan meneliti sifat variabilitas suatu tanaman maka dapat diketahui kira-kira sifat variabilitas di dalam bentuk liarnya.

Studi yang komprehensif dan komparatif mengenai asal tanaman khususnya dikaitkan dengan lokasi asalnya telah dilaksanakan oleh para ahli botani Uni Soviet di bawah pimpinan Nikolai Ivanovich Vavilov (1887-1942). Sejumlah ekspedisi telah dilakukan mereka, khususnya dalam tahun-tahun 1923-1933 ke beberapa daerah di Asia, Afrika, Eropa, Amerika Utara, Amerika Selatan dan di seluruh Uni Soviet sendiri. Ribuan spesies dan varietas tumbuh-tumbuhan berhasil dikumpillkan. Sebagai hasil penelitian tersebut para botanis Uni Soviet itu sampai pada kesimpulan, bahwa ada delapan sentra tempat asal tanaman-tanaman penting, yang masing-masing berdiri sendiri. Kesimpulan tersebut belumlah sempurna, mengingat masih banyak daerah-daerah yang barn sebagian saja atau sama sekali belum diteliti, terutama beberapa bagian di Amerika Selatan, Afrika dan Asia. Sekalipun demikian kesimpulan Vavilov dan para pembantunya itu dapat digunakan sebagai pedoman karena informasi lain yang lebih lengkap belum ada.

Dalam menetapkan sentra geografis tempat asal tanaman, Vavilov berpegang pada langkah-langkah logis dan beberapa prosedur, antara lain:

1. Tumbuh-tumbuhan yang dikoleksinya disusun dalam kelompokkelompok genetik berdasarkan sistem Linnaeus, kemudian diteliti ciriciri morfologi, kesuburan (fertilitas), kesamaan sitologis dan reaksi terhadap penyakit. Untuk keperluan studi ini banyak diantara koleksi tumbuh-tumbuhan itu ditanam kembali. Deskripsi sifat yang saksama ini dilakukan terhadap setiap spesies, varietas dan ras.
2. Atas dasar informasi botanis yang diperolehnya dengan cara tersebut di atas dan ditunjang oleh data geografis, ekologi dan iklim dari daerah-daerah dimana tumbuh-tumbuhan koleksi itu diperoleh, maka ditetapkan sentra asal dari spesies tumbuh-tumbuhan tersebut sebelum spesies itu mulai menyebar secara luas, baik disebabkan oleh migrasi alamiah maupun oleh karena dibawa manusia. Data arkeologi, sejarah dan linguistik, jika ada digunakan juga sebagai tambahan data penunjang untuk menetapkan sentra asal tanaman.

Petunjuk yang digunakan untuk menetapkan daerah asal tanaman antara lain adalah :

1. Adanya konsentrasi spesies tertentu dan dalam bentuk yang banyak variasinya.
2. Adanya sejumlah besar sifat-sifat genetis yang dominan.
3. Terdapatnya bentuk-bentuk liar yang serupa dengan tanaman budidaya.

Adapun kedelapan sentra primer asal tanaman adalah sebagai berikut :

1. Daratan Cina
2. India, terdiri dari:
  - a. Sentrum utama
  - b. Indo Malaya
3. Asia Tengah
4. Timur Dekat
5. Mediterania
6. Abisinia
7. Meksiko Selatan dan Amerika Tengah
8. Amerika Selatan, mencakup:
  - a. Peru, Ekuador, Bolivia
  - b. Chili
  - c. Brazilia, Paraguay

1. Daratan Cina

Sentrum ini meliputi daerah pegunungan Cina bagian tengah dan barat, serta daerah dataran rendah sekitarnya. Di wilayah iklim tropis dan subtropis. wilayah ini merupakan sentrum asal tanaman yang terluas di dunia, meliputi 136 tumbuh-tumbuhan endemis. Wilayah ini merupakan wilayah pertanian yang tertua di dunia. Di antara 136 tumbuh-tumbuhan endemis itu spesies yang mempunyai nilai ekonomis penting sekarang, adalah

Serealia dan Leguminosa :

*Panicum miliaceum* (Broomcorn millet) *Panicum italicum* (Italian millet)

*Panicum frumentaceum* (Japanese barnyard millet)

*Andropogon sorghum* (Kaoliang)

Tanaman serat dan lain-lain :

*Boehmeria nivea* (ramie) *Cannabis sativa* (ganja; hemp)

*Metroxylon sagu* (sagu).

Tumbuh-tumbuhan endemis yang terpenting yang terdapat di daerah beriklim sedang adalah sekoi (millet), soba, kedelai dan sejumlah leguminosa. Di sentrum asal ini terdapat tumbuh-tumbuhan umbi-umbian dalam jumlah yang banyak. Cina menduduki tempat yang utama dalam banyaknya jenis buah-buahan, pear, apel, prunus dan jeruk, juga banyak dijumpai berbagai jenis sayur-sayuran.

2. India

a. Sentrum Utama

Ke dalam sentrum asal ini tidak termasuk bagian barat laut India dan Punjab, tetapi mencakup Assam dan Burma. Wilayah ini menempati daerah iklim tropis dan subtropis, ada 117 tumbuh-tumbuhan yang dianggap endemis.

Serealia dan leguminosa

*Oryza sativa* (padi didapat banyak sekali varietas baik di tanam maupun yang tumbuh secara liar).

*Eleusine coracana* (African millet), *E. indica* (wiregrass)

*Cyamus induces* (kacang hiris; pigeon pea)

*Phaseolus calcaratus* (kacang hijau; rice bean)

*Phaseolus mungo* (black gram), *P. aureus* (mung bean), *Delichos lablab* (kacang peda; koro; hyacinth bean).

*Vigna sinensis* (kacang panjang; cowpea)

*Pachyrrhizus angulatus* (bengkuang; yean bean)

*Psophocarpus tetragonolobus* (kecipir; jaat; asparagus bean).

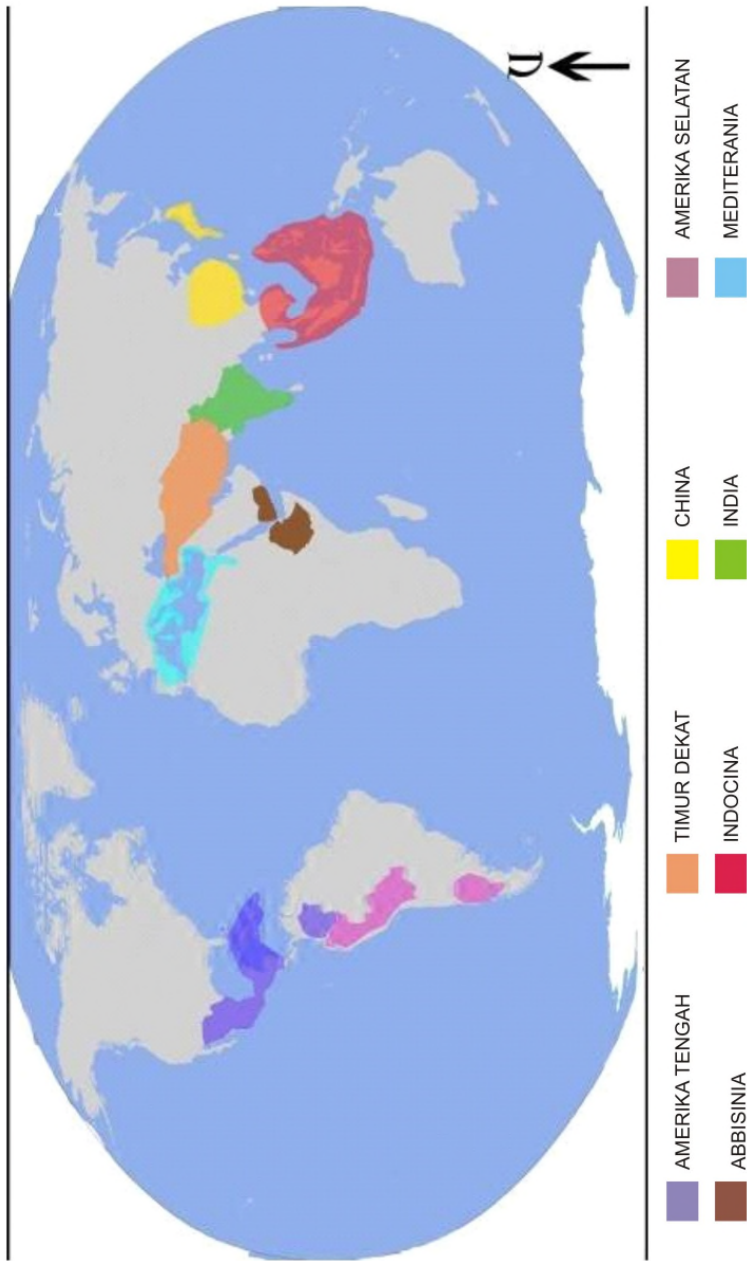
Sayur-sayuran :

*Solanum melongena* (terong; eggplant)

*Amaranthus tricolor* (bayam)

*Momordica charantia* (paria; balsam bear)

*Cucumis sativus* (ketimun, cucumber)



Gambar 1. Peta daerah asal tanaman menurut Vavilov (1935).

Umbi-umbian

*Colocasia antiquorum* (talas; taro; elephants car)

*Alocasia macrorrhiza* (senta)

*Dioscorea alata* (ubi kelapa)

*Amorphophalus campanulatus* (suweg)

Buah-buahan :

*Mangifera indica* (mangga, mango)

*Citrus sinensis* (jeruk manis; orange), *C. mobilis* (jeruk keprok; tangerine),

*C.medica* (sitrun; lemon)

*Phoenix silvestris* (kurma; date)

*Eugenia jambolana* (jambu air; jambos; jambelilan plum)

*Artocarpus integra* (nangka; jack fruit)

*Averrhoa bilimbi* (calingsing; bilimbi); *A. carambola* (belimbing, carambola)

*Tamarindus indica* (asem; tamarind)

Tumbuh-tumbuhan penghasil gula

*Saccharum officinarum* (tebu; sugar cane)

*Arenga saccharifera* (aren; sugar palm)

Tumbuh-tumbuhan penghasil minyak:

*Cocos nucifera* (kelapa; coconut palm) *Sosamum indicum* (wijen)

*Carthamus tinctorius* (safflower)

Tumbuh-tumbuhan penghasil serat

*Gossypium arboreum* (kapas pohon; tree cotton)

*G. nanbing*, *G. obtusifolium* (oriental cotton)

*Corchorus captularis* (jute), *C. olitorius* (jute)

*Crotalaria juncea*

*Sesbania aculata*

*Hibiscus cannabinus* (juta jaws; kenaf; decan hemp), *H. sabdariffa* (rosela; rosella)

*Bombax malabaricum* (randu)

*Sida rhombifolia* (sadagori)

Daerah Asal Tanaman

*Sansevieria zeylanica* (bowstring hemp)

Tumbuh-tumbuhan rempah-rempah dan penyegar *Cannabis indica* (ganja; hasheesh; hemp)

*Piper nigrum* (lads; black pepfer)

*Piper bettle* (sirih; bettle nut)

*Cinnamomum zeylanicum* (kayu manis; cinnamon tree)

Tumbuh-tumbuhan penghasil minyak atsiri, resin dan tanin :

*Acacia arabica* (gum arabic)

*Acacia catech*

*Santalum album* (cendana; sandalwood)

Lain-lain :

*Indigofera tinetoria* (Indogo; untuk bahan celup)

*Bambusa tulda* (bambu; bamboo)

*Barossus flabillifer* (lontar; suwalan; palmra palm) *Ficus elastica* (karet; rubber plant)

India merupakan daerah asal padi, tebu, sejumlah besar leguminosa dan buah-buahan. India adalah tempat asal padi didasarkan atas terdapatnya banyak sekali spesies padi, baik liar maupun yang ditanam dan juga dijumpai bentuk-bentuk perantara .anantara liar dan ditanam. Sifat-sifat gabah yang mudah rontok saat matang, memudahkan padi secara alami mempertahankan keturunannya. Bentuk gabah yang yang kasar merupakan ciri yang primitif pula. India mempunyai jumlah varietas padi yang terbanyak di dunia dan berbeda dengan daerah padi lainnya di Asia, varietas-varietas padinya mengandung banyak gen yang dominan.

b. Indo Malaya

Wilayah ini meliputi Indo-Cina, Malaysia, Indonesia dan Filipina. Daerah ini menempati wilayah iklim tropis.

Serealia dan leguminosa :

*Coix lacryma* (hanjeli; job's tears)

*Mucuna utilis*

Daerah Asal Tanaman

tree) *Myristica fragana* (pala; nutmeg)

*Piper nigrum* (lada; black pepper).

Tumbuh-tumbuhan penghasil serat dan lain-lain : *Musa textilis* (abaca; manila hemp)

*Metroxylon sagu* (sagu)

*Curcuma longap* (kuning; koneng temen)

*Palaguium gutta* (gutta percha)

Wilayah ini sangat kaya akan jenis buah-buahan seperti pisang dan jeruk.

### 3. Asia Tengah

Wilayah ini memang mencakup bagian barat laut India (Punjab, provinsi-provinsi Northwest, Frontiers, Kashmir), Afghanistan, Tadjikistan, Uzbekistan dan bagian barat Tian-shan. Terletak pada daerah iklim subtropis dan temperate.

#### Serealia dan leguminosa

*Triticum vulgare* (gandum; common wheat), *T. compactum* (club wheat), *T. sphaerococcum* (shor wheat)

*Pisum sativum* (ercis; kacang polong; pea)

*Vicia faba* (kacang babi; garden bean)

*Phaseolus aureus* (mung bean)

Tumbuh-tumbuhan penghasil minyak : *Sesamum indicum* (wijen; sesoma)

*Brassica juncea* (mustaid)

*Carthamus tinctorius* (safflower)

Tumbuh-tumbuhan penghasil serat : *Linum usitatissimum* (flax)

*Cannasis indica* (hemp)

*Gossypium herbaceum* (kapas; cotton)

#### Sayur-sayuran:

*Daucus carota* (wortel; carrot)

*Brassica campestris* (turnip)

*Raphanus sativus* (lobak; radish)

*Allium cepa* (bawang merah; red onion)  
*A. sativum* (bawang putih; garlic)  
*Spinacia oleracea* (Spinach)  
*Portulaca oleracea* (kitchen garden pursla)

Buah-buahan :

*Prunus armeniaca* (apricot)  
*Pyrus comunis* (pear)  
*Eleagamus angustifolia* (Russian Olive)  
*Vitis vinifera* (anggur; grape)  
*Mulus pumila* (apel; apple)

Wilayah ini banyak sekali terdapat varietas dari gandum. Agaknya kapas diusahakan pertama kalinya di wilayah ini dalam Skala yang luas.

4. Timur Tengah

Wilayah ini mencakup Asia kecil, Transcaucasia, Iran dan dataran tinggi Turkmenistan. Menempati daerah iklim subtropis dan temperate.

Serealia dan leguminosa

*Triticum monococcum* (eincorn wheat = 14 kromosom); *T. durum* (durum wheat = 28 kromosom), *T. turgidum* (poulard wheat = 28 kromosom, *T. vulgare* (48 kromosom), *T. orientate*, *T. persicum* (persain wheat = 28 kromosom), *T. timopheevi* (28 kromosom), *T. navilovianum* (gandum yang bercabang banyak = 42 kromosom), *T. macha* (42 kromosom, *T. dicoccodes*). *Secale sereale* (rye), *S. montanum*, *S. ancestralo*, *S. navilovii*, *S. fragila*, *S. vilosum*.  
*Avana sativa* (common oat), *A. byzantina* (Mediterranean oats)  
*Pisum sativum* (kacang polong; pea)  
*Medicago sativa* (alfalfa)  
*Trifolium resupinatum* (Persian clover)

Tumbuh-tumbuhan penghasil minyak : *Sesanum inducum* (wijen; sesame)

*Linum usitatissium* (flax)

Tumbuh-tumbuhan obat-obatan:

Daerah Asal Tanaman

*Papaver somniferum* (candu; opium)

Sayur-sayuran

*Beta vulgaris* (bit; garden beat) *Daucus carota* (wortel; carrot) *Brassica oleracea* (kubis; cabbage) *Portulaca oleracea* (purslane)

Buah-buahan :

*Cucumis melo* (cantaloupe), *C. sativus* (mentimun; cucumber), *C. flexuosus* (semangka; serpent melon)

*Cucurbita pepo* (waluh besar; pumbin)

*Ficus carica* (konyal; fig)

*Malus pumila* (ape!; apple)

*Pyrus communis* (pear)

*Prunus divaricata* (cherry)

*Vitis vinifera* (anggur; grape)

*Juglaris regia* (walnut)

Wilayah ini merupakan sentrum asal kepentingan di dunia dari berbagai spesies dan ekotipe gandum, terutama di daerah Armenia.

5. Mediterrania

Serealia dan leguminosa

*Triticum durum* (durum wheat), *T. dicoccum* (emmer wheat), *T. polonicum* (polih wheat), *T. dicoccoides* (gandum liar)

*Pisum sativum* (kacang kapri; pea)

*Vicia faba* (kacang babi; garden bean)

*Trifolium alexandrinum* (Egyptian clover), *T. repens* (white clover)

Tumbuh-tumbuhan penghasil minyak dan serat :

*Linum usitatissimum* (flax)

*Brassica nigra* (blackmustard)

*Sinapsis alba* (white mustard)

Buah-buahan dan sayur-sayuran

*Olea europaea* (olive)

Daerah Asal Tanaman

## 7. Meksiko Selatan dan Amerika Tengah

### Serealia dan leguminosa

*Zea mays* (jagung; corn)

*Phaseolus vulgaris* (kacang joga; common bean)

*Canavalia ensiformis* (kacang parang; kacang pedang; jack bean)

### Sayur-sayuran :

*Cucurbita moschata* (purkin)

*Capsicum annum* (cabe; spanish pepper)

*C. frutescens* (cabe rawit; cayenne pepper)

### Umbi-umbian

*Pachyrrhizus tuberosus* (bengkuang; yam bean)

*Ipomoea batatas* (ubi jalar; sweet potato)

*Maranta arundinacea* (ubi sagu; arrow root)

### Tumbuh-tumbuhan serat

*Gossypium hirsutum* (kapas; upland cotton)

*G. purpurascens* (bourbon cotton)

*Agave sisalana* (sisal; sisal hemp)

### Buah-buahan:

*Sapota achras* (syn *Achras zapota*; sawo manila; sapodilla)

*Carica papaya* (pepaya)

*Persea gratissima* (adpokat; avocado)

*Psidium guajava* (jambu ketuk; guava)

*Anacardium occidentale* (jambu mente; cakew)

### Tumbuh-tumbuhan lainnya

*Theobroma cacao* (coklat; cacao)

*Bixa orellana* (galinggem; kasumba; arnatto tree)

*Nicotiana rustica* (tembakau; tobacco)

Jagung berasal dari daerah ini. Tanpa kebudayaan Maya, tanaman jagung ini tidak mungkin ada dan berkembang.

## 8. Amerika Selatan

### a. Peru, Ekuador dan Bolivia

#### Umbi-umbian

*Solanum andigenum* (kentang dari Andes dengan penyebaran yang luas antara Bolivia dan Amerika Tengah; jumlah kromosom  $2 \times 48$ , dan sekurang-kurangnya spesies lainnya yang dapat dimakan jumlah kromosomnya 24, 30 dan 60).

*Xanthosoma segittifolium* (syn. *X. edulis*; malanga)

*Canna edulis* (ganyong)

#### Sayur-sayuran :

*Cucurbita maxima*

*Cyphomandra betacea* (tomat pohon; tree tomato)

*Lycopersicon esculentum* (syn. *Solanum lycopersicum*; tomat)

*Physalis peruviana* (cecendet; ceplukan; ground cherry) *Capsicum*

*frutescens* (cabe rawit; cayenne paper)

#### Tumbuh-tumbuhan penghasil serat :

*Gossypium barbadense* (kapas; egyptian cotton)

#### Buah-buahan

*Passiflora quadiangularis* (erbis; passion flower) *Psidium guajava* (jambu klutuk; guava)

#### Tumbuh-tumbuhan obat-obatan :

*Cinchona succirubra* (kina; quinine), *C. calisaya* *Nicotiana tabacum* (tembakau; tobacco)

Wilayah ini kaya akan spesies kentang dari Peru, Bolivia dan Ekuador. Yang menghendaki hari pendek untuk tumbuh secara normal dalam kondisi Eropa dengan hari panjang dalam musim panas, varietas-varietas tersebut tidak menghasilkan umbi. Juga terdapat tipe-tipe binatang yang endemis di Peru dan Bolivia seperti Lama dan Alpaka. Konsentrasi binatang dan tumbuh-tumbuhan berada pada dataran tinggi (puna) yang ditumbuhi vegetasi dan domestikasi hewan dimulai "puna" ini. Daerah ini menempati wilayah iklim tropis dan subtropis.

## Daerah Asal Tanaman

Dataran rendah sepanjang pantai yang dikembangkan kemudian oleh suku Inka berada dengan daerah puna, merupakan daerah arid yang tanpa irigasi tidak dapat dikembangkan sebagai daerah pertanian, karena itu pertanian yang dilaksanakan oleh suku Inka di daerah pantai ini didasarkan atas penggunaan irigasi. Sebagian besar dari tanaman yang dibudidayakan di dataran rendah ini berasal dari luar.

### b. Chili

#### Umbi-umbian

*Solanum tuberosum* (kentang; Trish potato)

*Fragaria chiloensis* (wild strawberry)

### c. Brasilia dan Paraguay

#### Leguminosa dan umbi-umbian :

*Arachis hypogaea* (kacang tanah; peanut)

*Manihot utilissima* (ketela pohon; manioc)

#### Buah-buahan :

*Eugenia uniflora* (syn. *E. mechelii*; belimbing asam; Brazil cherry; Surinam cherry)

*Ananas conosa* (nanas; pineapple)

*Anacardiurn occidentale* (jambu mente; sasew)

*Passiflora edulis* (buah negeri; sweet cup; purple granadilla)

#### Tumbuh-tumbuhan lainnya :

*Theobroma grandiflora* dan jenis coklat lainnya *Hevea brasiliensis* (karet; rubber)

Daerah teritorial Brasilia sangat kaya akan flora; diperkirakan meliputi 40.000 spesies tanaman karet yang banyak menghasilkan devisa bagi Malaysia dan Indonesia berasal dari lembah sungai Amazon, juga coklat, nenas dan kacang tanah berasal dari Brasilia.

Sebagai catatan penting dapat dikemukakan bahwa kedelapan daerah asal tanaman tersebut di atas terpisah satu dengan yang lainnya oleh gurun-gurun pasir atau pegunungan-pegunungan tinggi. Cina terpisah dari Asia Tengah oleh suatu gurun pasir yang amat luas dan oleh dataran tinggi yang

kering. Timur Dekat terisolasi dari Asia Tengah oleh gurun-gurun pasir Afghanistan, Badrian dan Seistan. Gurun pasir Tar memisahkan India dari Asia Tengah. Mediterania dikelilingi oleh gurun-gurun pasir di bagian timur dan selatan. Demikian pula Abisinia terisolasi oleh gurun pasir. Daerah pegunungan tinggi (puna) dari Peru dan Bolivia tempat lahirnya pertanian di Amerika Selatan dikelilingi oleh gurun pasir Atacama pada bagian barat.

Meksiko Selatan berbatasan dengan dataran tinggi yang amat kering di sebelah utaranya. Di daerah-daerah asal yang terisolasi demikian itu terjadi perkembangan populasi flora dan manusia yang independen; interaksi dari kedua perkembangan ini menyebabkan di tiap-tiap daerah asal itu pertanian dan kebudayaan tumbuh secara independen pula.

Gurun-gurun pasir dan pegunungan-pegunungan yang tinggi mengubah batas alamiah bagi rakyat yang primitif untuk dapat keluar dari daerah yang terisolasi.

Secara keseluruhan timbul kesan bahwa tanaman-tanaman yang ekonomis penting berasal dari daerah-daerah yang sempit yang menduduki areal seluas seperempat puluh bagian dari luas daratan dunia, mayoritas dari tanaman itu mempunyai daerah asal di benua tua, terutama di Asia. Peranan Afrika dalam hal ini relatif kecil. Flora Australia Baru dibudidayakan pada abad ke-19, seperti Eucalyptus, Acacia dan Cassowary.

## Bab 4

---

# Potensi Genetik Tanaman

Potensi genetik merupakan potensi yang dimiliki tanaman yang akan dikembangkan meliputi ekspresi sifat genetik yang dikehendaki, misalnya memiliki karakter toleran terhadap kekeringan bagi tanaman yang akan dikembangkan di lahan kering sehingga hasilnya masih tetap optimal meskipun lingkungan tumbuh tidak sesuai dengan syarat tumbuh pada umumnya. Di Indonesia potensi genetik tanaman umumnya belum ditingkatkan secara maksimal. Yang sudah mengalami peningkatan terbatas pada beberapa tanaman yang mempunyai nilai ekonomis tinggi seperti padi, jagung, kedelai, kacang hijau, kelapa, kelapa sawit, karet, tebu, kacang tanah, beberapa sayuran dan tanaman buah-buahan. Tanaman yang telah mengalami peningkatan potensi genetik dikenal sebagai kultivar atau varietas unggul. Varietas ini biasanya dihasilkan oleh para pemulia tanaman di balai-balai penelitian.

Varietas unggul itu senantiasa diciptakan dari waktu ke waktu sesuai dengan keperluan untuk memenuhi hajat hidup manusia supaya lebih sejahtera. Untuk keperluan itu maka perlu ada stok genetik atau plasma nutfah atau *germ plasm*.

Untuk tanaman padi sudah ada badan yang menanganinya, berbagai plasma nutfah dikoleksi dari berbagai tempat di dunia dan dikumpulkan di IRRI (*International Rice Research Institute*), badan ini berupa bank plasma nutfah yang terletak di Los Banos Filipina. Untuk sereal lainya yang

berupa jagung dan gandum-gandum dikoleksi di CIMMYT (*Centro International de Mejoramiento de Maiz y Trigo*), yang teldapat di Meksiko, Pusat penelitian tanaman pertanian di Indonesia berupa Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa), Balai Penelitian Tanaman Padi (BALITPA, dulu BALITTAN), Balai Penelitian Tanaman Industri dan Obat (BALITTRO, dulu BALITBUN) yang tersebar di beberapa tempat. Adapun yang berada di luar negeri yaitu :

- CIAT (International Center of Tropical Agriculture, Cali, Kolombia)
- ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics), Andra Pradesh, India
- ICARDA (International Center for Agricultural Research in Dry Areas), Aleppo, Suriah
- CIP (International Potato Center), Lima, Peru
- AVRDC (Asian Vegetable Research and Development), Taiwan



Gambar 2. Balai Besar Padi (sumber : BB Padi, 2005)

Beberapa varietas unggul dari berbagai tanaman terdapat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Varietas unggul dengan beberapa sifat dominan**

Tanaman	Varietas/Tahun pelepasan	Sifat
Komoditas Tanaman Pangan:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Padi sawah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cigeulis (2002)</li> <li>• Fatmawati (2003)</li> <li>• Hipa-5 Ceva (2006)</li> <li>• Hipa-6 Jete (2006)</li> <li>• Aek Sibundong (2006)</li> <li>• Inpari Sidenuk (2011)</li> <li>• Inpari 20 (2011)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tahan wereng coklat biotipe II dan III, hawar daun bakteri IV.</li> <li>• Agak tahan wereng coklat biotipe II dan III, hawar daun bakteri III dan IV.</li> <li>• Hibrida, aromatik, agak tahan wereng coklat II dan III, hawar daun bakteri IV, VII, dan tungro.</li> <li>• Hibrida</li> <li>• Beras merah, agak tahan wereng coklat II dan III, hawar daun bakteri IV.</li> <li>• agak tahan wereng coklat I, II dan III, hawar daun bakteri III, IV, dan VIII.</li> <li>• Agak tahan wereng coklat I, agak rentan wereng coklat II dan III. Umur tanaman 104 hari.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Padi gogo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situ patenggang (2003)</li> <li>• Situ bagendit (2003)</li> <li>• Inpago 7 (2011)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tahan blas</li> <li>• Agak tahan blas, hawar daun bakteri III, IV.</li> <li>• Agak tahan wereng coklat 1 dan 2, tahan blas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Padi rawa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inpara 6 (2011)</li> <li>• Air tenggulang (2001)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toleran keracunan Fe, umur tanaman 117 hari.</li> <li>• Tahan blas, tahan hawar daun bakteri III, sesuai untuk padi rawa, pasang surut, lahan masam sulfat dan bergambut, dan tahan keracunan Fe dan Al</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jagung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anoman-1 (2006)</li> <li>• Bima 3 Bantimurung (2006)</li> <li>• Provit A1 (2011)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tahan rebah, toleran kekeringan, agak tahan bulai, hawar daun</li> <li>• Hibrida, tahan bulai</li> <li>• Tahan rebah, mengandung beta-carotene</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kedelai</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ijen (2003)</li> <li>• Seulawah (2004)</li> <li>• Gema (2011)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agak tahan ulat grayak</li> <li>• Tahan karat daun</li> <li>• agak tahan hama penggerek polong, moderat terhadap hama ulat grayak</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kacang tanah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bison (2004)</li> <li>• Domba (2004)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toleran naungan intensitas 25%, toleran kahat Fe dan adaptif di Alfisol alkalis</li> <li>• Sesuai untuk lahan Alfisol alkalis dan tahan karat Fe</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kacang hijau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kutilang (2004)</li> <li>• Sampeong (2003)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tahan penyakit embun tepung</li> <li>• Agak tahan penyakit embun tepung dan bercak daun</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubi jalar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sawentar (2006)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tahan penyakit kudis, agak toleran kekeringan, cocok di dataran tinggi minimal 1000 m dpl.</li> </ul>

Tanaman	Varietas/Tahun pelepasan	Sifat
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GMBS 2 (2009)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pertumbuhan tunas-tunas setelah dipangkas cepat. Potensi hasil 2.151 Kg/Ha/Tahun. Rentan terhadap hama, tahan terhadap penyakit cacar daun. Sesuai untuk Teh Hijau.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kopi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Andung sari (2010)</li> <li>• BP 308 (2004)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umur 25 tahun. Tahan penyakit karat daun (<i>Hemileia vastatrix</i>)</li> <li>• Tahan terhadap nematoda parasit, khususnya <i>Pratylenchus coffeae</i>, dan <i>Radopholus similis</i></li> </ul>



**Gambar 3. Padi Inpara II.**  
(Sumber : BB Padi, 2002)

Selain varietas-varietas unggul yang telah disebutkan, juga ada beberapa varietas lokal yang dikembangkan menjadi varietas unggul. Beberapa varietas unggul lokal asal Jawa Barat yang telah dilepas disebutkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Varietas Unggul Lokal Asal Jawa Barat

No	Komoditas	Tahun Dilepas	Asal Kabupaten
1	Kedelai varietas lumajang bewok	1989	Cirebon
2	Kedelai varietas margatapa	1989	Majalengka
3	Padi varietas cilamaya muncul	1996	Karawang
4	Ubi jalar varietas cilembu	2001	Sumedang
5	Padi varietas pandanwangi	2004	Cianjur
6	Padi varietas sarinah	2006	Garut
7	Ubi jalar varietas kuningan merah	2008	Kuningan
8	Ubi jalar varietas kuningan putih	2008	Kuningan
9	Kacang tanah varietas situraja	2009	Sumedang
10	Kentang varietas granola I	1993	Lembang
11	Durian varietas bokor	1993	Majalengka
12	Durian varietas siriwig	1993	Majalengka
13	Durian varietas perwira	1993	Majalengka
14	Mangga varietas gedong gincu	1995	Majalengka
15	Durian varietas matahari	1995	Bogor
16	Durian varietas hepe	1995	Bogor
17	Jambu air varietas citra	1997	Bogor
18	Belimbing varietas dewi murni	1998	Bekasi
19	Sirsak varietas ratu	1998	Sukabumi
20	Jeruk varietas cikoneng st 1	1999	Sumedang
21	Jeruk varietas keprok garut 1	1999	Garut
22	Nangka varietas kandel	2000	Bogor
23	Kecapi varietas ratujaya	2001	Kota Depok
24	Sawo varietas sukatali	2002	Sumedang
25	Nenas varietas subang	2002	Subang
26	Manggis varietas wanayasa	2006	Purwakarta
27	Mangga varietas cengkir	2006	Indramayu
28	Rambutan varietas mubin	2007	Kota Depok
29	Rambutan varietas sibtu lawang	2007	Kota Banjar
30	Rambutan varietas walahar	2007	Kuningan
31	Manggis varietas puspahiang	2007	Tasikmalaya
32	Buncis varietas budi rahayu	2007	Bandung
33	Petai varietas gobang	2008	Majalengka
34	Alpukat sindangreret	2009	Garut

Varietas-varietas tersebut diperoleh dari kegiatan pertanian dalam program pemuliaan tanaman. Secara umum pemuliaan tanaman bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat tanaman baik secara kuantitatif maupun secara kualitatif.

Tujuan lainnya adalah :

1. Perbaikan daya hasil atau stabilitas hasil.
2. Introduksi bahan pangan baru, untuk program diversifikasi pangan.
3. Peningkatan protein melalui peningkatan komposisi basil tanaman.

4. Peningkatan kandungan energi yang lebih tinggi, seperti lemak, karbohidrat dan sebagainya.
5. Ketahanan terhadap serangan hama penyakit utama dan cekaman lingkungan.

Metode dalam pemuliaan tanaman antara lain dilakukan dengan introduksi, seleksi, hibridisasi dan mutasi. Hasil pemuliaan itu menghasilkan biji atau bibit yang digunakan sebagai benih atau bibit sebagai bakal tanaman. Benih yang bermutu tinggi dan berasal dari varietas unggul merupakan salah satu faktor yang penting dalam keberhasilan produksi suatu tanaman. Mutu benih dipengaruhi oleh proses pengembangan dan pematangan benih cara panen, dan perontokan, pengeringan dan penyimpanan hasil.

Berdasarkan sistem pengadaannya ada benih bersertifikasi dan non sertifikasi. Benih bersertifikat yaitu benih yang pengadaannya melalui sistem pengujian baik di lapangan maupun di laboratorium oleh instansi yang berwenang serta memenuhi standar mutu tertentu. Berdasarkan mutunya benih bersertifikat digolongkan menjadi :

1. Benih penjenis (Breeder Seed = BS)
2. Benih dasar (Foundation Seed = FS)
3. Benih pokok (Stock Seed = SS)
4. Benih sebar (Extension Seed = ES).

Benih penjenis dihasilkan dibawah pengawasan para pemulia tanaman atau instansi yang berwenang yang merupakan sumber perbanyak benih dasar.

Benih dasar adalah benih penjenis yang diproduksi di bawah bimbingan yang intensif dan dalam pengawasan yang ketat. Benih dasar diproduksi oleh lembaga pusat penelitian, yang produksinya harus disertifikasi oleh Sub Direktorat Pembinaan Mutu Benih, Direktorat Perlindungan Tanaman.

Benih pokok merupakan keturunan dari benih penjenis atau benih dasar yang dipelihara identitas, tingkat kemurniannya, memenuhi standar mutu yang ditetapkan dan dapat disertifikasi sebagai benih pokok oleh instansi yang berwenang.

Benih sebar merupakan keturunan, dari benih penjenis, benih dasar atau benih pokok yang diproduksi dan dijaga tingkat kemurniannya, sehingga memenuhi standar mutu benih serta telah disertifikasi sebagai benih sebar oleh instansi yang berwenang.

Mutu benih sebar memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. kemurnian benih minimal 98 persen,
2. kotoran benih maksimum 2 persen,
3. campuran kotoran atau benih lain maksimal 0,5 persen,
4. benih gulma 0,1 persen,
5. daya tumbuh minimal 80 persen
6. kadar air maksimal 13 persen

Untuk nomor 1 sampai 4 berlaku pula pada benih penjenis, benih dasar dan benih pokok. Keterangan pada sertifikasi benih mencakup hal-hal sebagai berikut

1. Nama dan alamat produsen benih
2. Jenis tanaman atau varietas
3. Berat benih
4. Persen benih murni
5. Persen benih tanaman lain
6. Persen kotoran benih
7. Persen gulma
8. Persen daya tumbuh
9. Tanggal Pengujian
10. Tanggal berlakunya label.

Adapun manfaat dari benih bermutu adalah :

1. Mempertahankan sifat-sifat unggul termasuk daya hasil tinggi. Dengan bermutu dapat meningkatkan hasil antara 5 - 15 persen.
2. Kebutuhan benih per hektar Iebih hemat, untuk padi diperlukan 20 -25 kg/ha.
3. Pertumbuhan dan tingkat kematangan di lapangan Iebih seragam.

Pihak swasta yang telah ditunjuk oleh pemerintah untuk memproduksi dalam pengadaan benih yaitu PT. Sang Hyang Seri di Sukamandi Subang. Benih yang sudah bersertifikat antara lain padi, jagung dan kedelai. East West Seed memproduksi benih-benih hortikultura, leguminoceae, dan buah-buahan. Kelompok-kelompok tani dengan bimbingan dinas terkait memungkinkan bisa menghasilkan varietas unggul lokal.

## Bab 5

---

# Pengamatan Karakter Agronomi dan Deskripsi Tanaman

Setiap tanaman memiliki karakter agronomi yang berbeda antara tanaman yang satu dengan yang lain. Karakter-karakter tersebut diamati untuk mengetahui pertumbuhan dan hasil tanaman yang optimal. Pengamatan karakter agronomi dibedakan pada komponen pertumbuhan, komponen hasil, dan hasil tanaman. Komponen pertumbuhan merupakan karakter agronomi yang menggambarkan pertumbuhan tanaman. Komponen hasil merupakan karakter agronomi yang menggambarkan bagian tanaman yang mempengaruhi secara langsung pada hasil tanaman. Hasil tanaman meliputi bagian ekonomis tanaman yang dipanen. Karakter agronomi pada varietas unggul umumnya lebih baik dibandingkan karakter agronomi pada varietas-varietas lokal.

Beberapa karakter agronomi pada tanaman semusim diantaranya adalah:

1. Komponen Pertumbuhan
  - a. Tinggi tanaman

Tinggi tanaman biasanya diukur dari pangkal batang sampai ujung tanaman tertinggi. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan sampai akhir

fase vegetatif tanaman (menjelang pembungaan) karena penambahan tinggi tanaman umumnya berhenti pada akhir fase vegetatif.

b. Panjang dan diameter sulur

Panjang dan diameter sulur merupakan komponen pertumbuhan yang diukur pada tanaman-tanaman yang membentuk sulur, contohnya ubi jalar. Sama halnya seperti pengukuran tinggi tanaman, panjang dan diameter sulur dilakukan sampai akhir fase vegetatif tanaman.

c. Jumlah cabang

Penghitungan jumlah cabang dilakukan pada tanaman semusim yang membentuk cabang, seperti ubi jalar. Jumlah cabang diamati sampai akhir fase vegetatif tanaman.

d. Jumlah anakan per rumpun

Jumlah anakan biasanya diamati untuk komoditas sereal yang menghasilkan anakan, seperti padi dan gandum. Jumlah anakan menggambarkan potensi untuk menghasilkan bunga (anakan produktif). Semakin banyak anakan maka tanaman semakin berpotensi untuk menghasilkan hasil tanaman yang lebih besar.

e. Bobot kering tanaman

Bobot kering tanaman menggambarkan dan mempelajari pertumbuhan tanaman didasarkan berat tanaman merupakan integrasi semua peristiwa yang dialami tanaman sebelumnya. Sehingga parameter ini dijadikan indikator representatif apabila tujuan utama untuk mendapatkan penampilan keseluruhan pertumbuhan tanaman (Sitompul dan Bambang Guritno, 1995).

Pengamatan bobot kering massa total dilakukan di akhir percobaan dengan menggunakan oven bersuhu 80°C selama 48 jam atau setelah mencapai bobot konstan, ditimbang dengan timbangan analitik.

f. Nisbah pupus akar

Nisbah pupus akar merupakan perbandingan antara bobot kering pupus dengan bobot kering akar, dihitung pada fase vegetatif akhir. Nisbah pupus akar menggambarkan partisi fotosintat apakah lebih banyak disimpan di pupus atau di akar.

Nisbah pupus akar (NPA) dihitung pada vegetatif akhir dengan rumus:

$$\text{NPA} = \frac{\text{bobot kering pupus (g)}}{\text{bobot kering akar (g)}}$$

g. Indeks luas daun

Indeks luas daun merupakan perbandingan luas daun dengan luas kanopi tanaman.

$$\text{ILD} = \frac{\text{luas daun (cm}^2\text{)}}{\text{luas kanopi tanaman (cm}^2\text{)}}$$

Luas kanopi tanaman biasanya merupakan jarak tanam optimum, sehingga luas kanopi tanaman dapat diganti oleh luas jarak tanam, apabila lahan tertutup penuh kanopi tanaman.

$$\text{ILD} = \frac{\text{luas daun (cm}^2\text{)}}{\text{luas jarak tanam (cm}^2\text{)}}$$

Untuk menghitung luas daun, terdapat beberapa cara antara lain (1) dengan menggunakan metode gravimetri, dimana daun dibuat replikanya pada kertas, lalu kertas tersebut ditimbang. Dengan menggunakan konversi satuan berat (bobot) ke satuan luas maka didapat luas daun tersebut; (2) menggunakan *scanner*, dimana daun di *scan* akan didapat satuan luas daun dpi (dot per inch) melalui suatu *software*, setelah menggunakan rumus konversinya maka akan didapat luas daun; (3) dan metode regresi, dimana daun diambil sampelnya sebanyak 30 lembar, lalu dimasukkan ke dalam rumus regresi, sehingga akan didapat persamaan regresinya. Variabel regresinya terdiri dari panjang daun dan lebar daun dikalikan dengan konstanta yang didapat dari perhitungan regresi yang telah ada.

2. Komponen Hasil

a. Jumlah bunga per tanaman atau malai per rumpun

Jumlah bunga per tanaman diamati pada tanaman yang menghasilkan bunga, buah, atau biji, seperti krisan, sedap malam, tomat, paprika, kacang hijau, dan kedelai. Pengukuran bobot bunga dapat dilakukan pada bunga yang bernilai ekonomi, seperti kubis bunga. Semakin banyak bunga maka hasil tanaman diharapkan semakin tinggi. Jumlah malai per rumpun diamati untuk komoditas serealia yang menghasilkan anakan. Semakin banyak malai maka tanaman dapat

menghasilkan hasil yang semakin tinggi.

b. Jumlah dan berat buah per tanaman

Jumlah dan berat buah per tanaman diamati pada tanaman yang menghasilkan buah yang bernilai ekonomi, seperti tomat, mentimun, dan paprika. Buah yang semakin banyak dan berat akan menghasilkan hasil yang semakin tinggi.

c. Jumlah gabah isi per malai

Jumlah gabah isi per malai diamati pada komoditas serealia. Jumlah gabah isi menggambarkan efektivitas pembentukan biji setelah pembungaan. Semakin banyak jumlah gabah isi per malai maka semakin tinggi hasil yang diperoleh.

d. Panjang tongkol

Panjang tongkol diamati pada tanaman jagung. Semakin panjang tongkol maka tanaman dapat memproduksi semakin banyak biji.

e. Diameter tongkol

Diameter tongkol diamati pada tanaman jagung. Sama halnya seperti diameter tongkol, semakin besar diameter tongkol maka tanaman dapat memproduksi semakin banyak biji.

f. Jumlah biji per tongkol

Jumlah biji per tongkol diamati pada tanaman jagung. Semakin banyak biji maka hasil tanaman semakin tinggi.

g. Jumlah dan Bobot ubi per tanaman

Jumlah dan bobot ubi diamati ketika panen pada tanaman yang menghasilkan ubi, seperti ubi jalar dan kentang. Semakin banyak dan berat ubinya maka hasil akan semakin tinggi.

h. Diameter dan panjang ubi

Diameter dan panjang ubi diamati ketika panen pada tanaman yang menghasilkan ubi, seperti ubi jalar dan kentang. Semakin besar ubi, maka hasil tanaman akan semakin tinggi. Akan tetapi, tidak selamanya semakin besar ubi maka keuntungan semakin besar. Contoh kasus pada tanaman ubi jalar, ubi yang terlalu besar akan menghasilkan grade yang lebih rendah.

i. Jumlah polong dan berat polong

Jumlah dan berat polong diamati pada tanaman-tanaman yang

menghasilkan polong, seperti buncis, kacang tanah, kedelai, atau kacang hijau. Polong yang semakin berat dan semakin banyak akan menghasilkan hasil tanaman yang semakin tinggi.

j. Panjang polong dan diameter polong

Panjang polong dan diameter polong merupakan karakter hasil yang berpengaruh juga terhadap kualitas hasil. Grade pada buncis dipengaruhi oleh panjang dan diameter polong.

k. Jumlah polong isi dan polong hampa per tanaman

Jumlah polong diamati pada tanaman-tanaman yang menghasilkan polong, seperti buncis, kacang tanah, kedelai, atau kacang hijau. Jumlah polong isi per tanaman diamati pada tanaman-tanaman yang menghasilkan biji di dalam polong yang bernilai ekonomis, seperti kacang tanah, kedelai, atau kacang hijau. Jumlah polong isi menggambarkan partisi fotosintat pada bagian tanaman yang bernilai ekonomis. Polong yang isi merupakan polong yang berisi biji di dalamnya. Semakin banyak polong isi, maka hasil tanaman akan semakin tinggi.

Jumlah polong hampa per tanaman merupakan kebalikan dari jumlah polong isi. Polong hampa harus dihindari dalam budidaya tanaman penghasil polong karena tidak berisi biji di dalam polong. Semakin banyak polong hampa, maka hasil tanaman akan berkurang.

l. Jumlah biji per polong

Semakin banyak jumlah biji per polong maka hasil tanaman akan semakin tinggi. Varietas tanaman yang mempunyai jumlah biji per polong lebih banyak biasanya lebih diminati oleh petani karena potensi hasilnya lebih tinggi.

m. Jumlah ginofor per tanaman

Ginofor merupakan bagian tanaman penghasil polong pada kacang tanah. Ginofor muncul dan menembus tanah biasanya setelah tanaman berbunga. Semakin banyak ginofor maka polong kacang tanah diharapkan semakin banyak.

n. Bobot 1000 biji

Bobot 1000 biji diamati pada komoditas serealia. Bobot 1000 biji menggambarkan ukuran biji. Semakin berat bobot 1000 biji, maka semakin besar ukuran bijinya.

o. Indeks panen

Indeks panen menggambarkan perbandingan bagian yang bernilai ekonomis dengan keseluruhan bagian tanaman. Semakin besar bagian tanaman yang bernilai ekonomis, maka semakin besar indeks panennya.

Sementara karakter agronomi pada tanaman tahunan diantaranya adalah:

1. Komponen pertumbuhan

Pengamatan komponen pertumbuhan biasanya telah diamati sejak tanaman berada di pembibitan. Beberapa komponen pertumbuhan diantaranya adalah

a. Bobot kering tanaman

Bobot kering tanaman biasanya diamati pada pembibitan. Sama seperti pada tanaman semusim, bobot kering tanaman menggambarkan pertumbuhan tanaman secara representatif.

b. Nisbah pupus akar

Nisbah pupus akar juga diamati pada pembibitan. Nisbah pupus akar menggambarkan partisi fotosintat apakah lebih banyak disimpan di pupus atau di akar.

c. Tinggi tanaman

Tinggi tanaman biasanya diukur di pembibitan. Tinggi bibit diukur dari pangkal batang sampai ujung daun tertinggi.

d. Diameter batang

Pengukuran batang dapat dilakukan pada tanaman di pembibitan atau setelah tanam di lapangan. Pengukuran diameter dilakukan menggunakan meteran tali yang diikatkan mengelilingi batang. Panjang diameter adalah hasil bagi antara keliling batang dengan  $\pi$  ( $\phi = 3,14$ ).

e. Jumlah daun

Jumlah daun biasanya dihitung pada tanaman di pembibitan. Semakin banyak daun diharapkan laju fotosintesis akan semakin besar.

f. Indeks luas daun

Pengukuran indeks luas daun dapat dilakukan pada tanaman, baik di pembibitan maupun setelah tanam di lapangan. Luas daun tanaman di

pembibitan dapat diukur menggunakan *leaf area meter* sedangkan luas daun tanaman di lapangan biasanya menggunakan formula yang telah diketahui di beberapa literatur karena daun-daunnya sudah terlalu luas untuk diukur menggunakan *leaf area meter*.

## 2. Komponen hasil

Pengamatan komponen hasil diamati setelah tanaman menghasilkan hasil yang bernilai ekonomis (tanaman menghasilkan = TM). Komponen hasil diantaranya adalah:

### a. Bobot segar dan bobot kering pucuk

Komponen hasil tersebut biasanya diamati pada tanaman teh. bobot pucuk yang semakin berat dapat menandakan hasil tanaman yang optimal.

### b. Jumlah bunga per tanaman

Komponen hasil jumlah bunga per tanaman diamati pada tanaman yang menghasilkan bunga, seperti mawar potong dan anggrek potong. Semakin banyak bunga menandakan aliran fotosintat ke organ reproduktif semakin baik. Khusus untuk tanaman yang memproduksi bunga jantan dan bunga betina terpisah (tanaman berumah dua), seperti kelapa sawit atau aren, diamati juga sex ratio antara jumlah bunga betina dengan bunga jantan. Sex ratio dapat menggambarkan keadaan lingkungan sekitar tanaman dan memperkirakan produksi tanaman. Contoh, kekeringan dapat meningkatkan jumlah bunga jantan tetapi mengurangi jumlah bunga betina pada tanaman kelapa sawit sehingga dapat mengurangi produksinya.

### c. Jumlah dan bobot buah atau tandan per tanaman

Pengamatan komponen hasil ini dilakukan pada tanaman yang memiliki organ target buah atau biji, seperti terong belanda, lada, pisang, kelapa sawit, aren, kakao, dan kopi

### d. Diameter dan panjang buah

Diameter dan panjang buah selain akan berpengaruh terhadap hasil juga terhadap kualitas hasil. Pengamatan ini biasanya dilakukan pada tanaman terong belanda.

### e. Jumlah dan bobot biji

Pengamatan jumlah dan bobot biji dilakukan pada tanaman yang

memiliki organ target biji, seperti kopi dan kakao. Semakin banyak dan berat bijinya, maka hasil tanaman dapat semakin besar.

f. Diameter biji

Diameter biji akan berpengaruh terhadap hasil dan kualitas hasil. Pengamatan diameter biji biasanya dilakukan pada kakao.

Berikut ini adalah contoh deskripsi tanaman padi sawah varietas Inpari 20 dan tanaman jagung varietas Bima 10 (Balitbangtan, 2015).

1. Deskripsi varietas padi Inpari 20

Komoditas	: Padi Sawah
Tahun	: 2011
Anakan Produktif	: +/- 15 malai
Asal	: S2823E-KN-33 / IR64 // S2823E-KN-33
Bentuk gabah	: Ramping
Bentuk Tanaman	: Tegak
Berat 1000 butir	: +/- 25,6 gram
Golongan	: Cere
Jumlah gabah per malai	: +/- 102 butir
Kadar amilosa	: +/- 21,1 %
Kerebahan	: Toleran
Kerontokan	: Mudah
Nomor pedigri	: BP2080-2E-KN-6-1
Permukaan daun	: Kasar
Posisi daun bendera	: Tegak
Potensi hasil	: 8,8 ton/ha GKG
Rata-rata hasil	: 6,4 ton/ha GKG
Tekstur nasi	: Pulen
Tinggi Tanaman	: +/- 102 cm
Umur tanaman	: +/- 104 hari
Warna batang	: Hijau
Warna daun	: Hijau
Warna gabah	: Kuning bersih
Warna kaki	: Hijau
Warna lidah daun	: Tidak berwarna

Warna telinga daun	: Tidak berwarna
Keterangan	: Umur tanaman 104 hari. Potensi hasil 8,8 ton/ha GKG. Tekstur nasi Pulen. Ketahanan terhadap hama, agak tahan terhadap wereng batang coklat biotipe 1, dan agak rentan terhadap wereng batang coklat biotipe 2 dan 3. Ketahanan terhadap penyakit, tahan terhadap hawar daun bakteri patotipe III, agak rentan terhadap hawar daun bakteri patotipe IV dan VIII, rentan terhadap virus tungro, agak tahan terhadap blas ras 033 dan rentan terhadap ras 133,073 & 173. Cocok ditanam di ekosistem sawah dataran rendah sampai ketinggian 600 m dpl dan tidak dianjurkan untuk ditanam di daerah endemik tungro.
Status	: Komersial
Kontak	: Balai Besar Penelitian Tanaman Padi

## 2. Deskripsi varietas jagung Bima 10

Komoditas	: Jagung
Tahun	: 2010
Asal	: N153/Mr15 N153/Mr15 diekstrak dari RILS (Recombinant inbreed lines) populasi genotype Sygenta dengan bulk selfing plant to plant, Mr15 dikembangkan dari populasi Suwan 3 dengan metode reciprocal recurrent selection
Baris Biji	: Lurus
Batang	: Kokoh
Bentuk Malai	: Semi Kompak
Bentuk Tongkol	: Besar berucut, panjang $\pm$ 26 cm, dan silindris
Bobot 1000 biji	: $\pm$ 414 g
Jumlah Baris/tongkol	: 12-14 baris
Kandungan Karbohidrat	: 79,7 %
Kandungan Lemak	: 5,3 %

## Pengamatan Karakter Agronomi dan Deskripsi Tanaman

Kandungan Protein	: 11,0 %
Kedudukan Tongkol	: ± 117 cm Pertengahan tinggi tanaman
Kelobot	: Menutup dengan baik dan rapat
Keragaman Tanaman	: Sangat Seragam
Ketahanan	: Agak tahan penyakit bulai, tahan penyakit karat dan bercak daun
Pemulia	: Andi Takdir Makkulawu, R.Neni Iriany M., M. Azrai, Muzdalifah Isnaini, dan Sri Sunarti
Penguji	: Awaluddin Hipi, Khoerul Azmi, St. Kholiyah, Djuwari, Baiq Erawati, Safrudin, Bahtiar, Wisnu Unjoyo, Demaks Masoara, Andi Tenrirawe, Sutardi, Wasmo Wakman, A.Haris talanca, Suwarji dan Roy Effendi
Perakaran	: Sangat Baik
Potensial Hasil	: ± 13,1 t/ha pipilan kering
Rata-rata hasil	: ± 11,3 t/ha pipilan kering
Teknisi	: Sampara, Arifuddin, Fransiskus Misi, Usman, Sri Wiyono, dan Yunus
Tinggi Tanaman	: ± 209 cm
Tipe Biji	: Mutiara (flint)
Umur	: Agak dalam; 50 % malai pecah (anthesis) : ± 55 hari; 50 % keluar rambut (Silking) : ± 57 hari; Masak fisiologis : ± 100 hari
Warna Batang	: Hijau Tua
Warna Biji	: Kuning
Warna Malai	: Krem
Warna Rambut	: Krem
Warna Sekam	: Hijau Krem
Keterangan	: Umur tanaman 55-100 hari. Potensi hasil ± 13,1 t/ha pipilan kering. Ketahanan, agak tahan penyakit bulai, tahan penyakit karat dan bercak daun.
Status	: Komersial
Kontak	: Balai Penelitian Tanaman Serealia

## Bab 6

---

# Faktor Lingkungan Tumbuh Tanaman

### 6.1. Faktor Biotik

Dalam dunia pertanian yang berkaitan dengan biotik sebagai faktor penentu produksi tanaman dibedakan dalam biotik bermanfaat dan biotik merugikan berupa hama penyakit dan gulma yang menyerang pertanaman, serta mikroorganisme bermanfaat dan merugikan.

#### 6.1.1. Biotik bermanfaat

Biotik bermanfaat dalam membantu kelangsungan pertumbuhan dan produksi tanaman adalah berupa serangga sebagai musuh alami dan serangga pelaku penyerbukan.

Yang termasuk biotik merugikan berupa musuh alami antara lain:

- Predator: binatang atau serangga yang memakan atau memangsa serangga, misalnya burung kapinis (*Hirundo talutica*) sebagai predator serangga terbang, misalnya kepik, lalat buah, dsb. Lancha maung (*Lycosa pseudoannulata*) sebagai predator wereng coklat, demikian juga kumbang (*Paederus fuscipes*) sebagai predator wereng. Kumbang (*Curinus caeruleus*) sebagai predator kutu loncat (*Heteropsylla* sp.)
- Patogen: adalah jasad renik berupa bakteri, cendawan, ataupun serangga (ordo Hymenoptera), yang merugikan sesama serangga atau jasad hidup lainnya, umumnya bersifat patogen. Misalnya bakteri bacillus

thuringiensis menyerang serangga ordo Lepidoptera. Cendawan *Metarrhizium anisopliae* menyerang larva kumbang kelapa *Oryctes rhinoceros*.

- Inang, berupa tumbuhan, serangga atau organism lain yang ditumpangi sebagai parasit, tetapi tidak merugikan. Misalnya, tanaman teh merupakan inang dari tungau *Brevipalvus* sp. Wereng coklat merupakan inang dari virus penyebab tungro atau kerdil kuning atau kerdil rumput pada tanaman padi.
- Parasit, berupa mikroorganisme yang merugikan. Misalnya *Dradegina euserophaga* memparasit ulat *Plutella xylostella*, *Trichogramma japonica* memparasit penggerek batang *Tryporiza incertulas*.

### 6.1.2. Inokulasi bakteri Rhizobium

Dalam teknik biakan murni tidak saja diperlukan bagaimana memperoleh suatu biakan yang murni, tetapi juga bagaimana memelihara serta mencegah pencemaran dari luar. Inokulasi dimaksudkan untuk menumbuhkan, meremajakan mikroba dan mendapatkan populasi mikroba yang murni. Inokulasi adalah memindahkan bakteri dari medium yang lama ke medium yang baru dengan tingkat ketelitian yang sangat tinggi. Media untuk membiakkan bakteri haruslah steril sebelum digunakan. Pencemaran terutama berasal dari udara yang mengandung banyak mikroorganisme. Pemindahan biakan mikroba yang dibiakkan harus sangat hati-hati dan mematuhi prosedur laboratorium agar tidak terjadi kontaminasi. Oleh karena itu, diperlukan teknik-teknik dalam pembiakan mikroorganisme yang disebut dengan teknik inokulasi biakan.

Teknik inokulasi merupakan suatu teknik yang digunakan dalam pemindahan bakteri dari medium yang lama ke medium yang baru dengan tingkat ketelitian yang sangat tinggi. Dengan demikian akan diperoleh biakan mikroorganisme yang dapat digunakan untuk keperluan mikrobiologi. Identifikasi biakan mikroorganisme sering memerlukan pemindahan ke biakan segar tanpa terjadi pencemaran. Pemindahan mikroorganisme ini dilakukan dengan teknik aseptik untuk mempertahankan kemurnian biakan selama pemindahan berulang kali. Mikroorganisme dapat ditumbuhkan dalam biakan cair atau padat. Kekeruhan dalam kaldu menunjukkan

terjadinya pertumbuhan mikroorganisme. Bila mikroorganisme menumpuk pada dasar tabung maka akan membentuk sedimen, sedangkan pada permukaan kaldu pertumbuhannya terlihat sebagai pelikel. Pertumbuhan mikroorganisme dalam kaldu seringkali menggambarkan aktivitas metabolismenya. Mikroba aerob obligat berkembang biak pada lapisan permukaan karena pada bagian ini kandungan oksigen tinggi. Selain dalam media cair, mikroorganisme juga memperlihatkan pertumbuhan dengan ciri tertentu dalam biakan padat seperti agar miring atau lempengan agar. Agar miring lazimnya digunakan untuk menyimpan biakan murni sedangkan agar lempengan lazimnya digunakan untuk memurnikan mikroorganisme.

#### **a. Macam-macam teknik inokulasi**

Inokulasi mikroba umumnya menggunakan alat yang disebut sebagai jarum ose yang berfungsi menginokulasi kultur mikrobial serta memindahkan suatu kultur mikroba (koloni) pada media satu ke media lainnya. Ada beberapa metode yang digunakan untuk mengisolasi biakan murni ataupun inokulasi mikroba antara lain:

##### **1) Metode gores**

Teknik ini lebih menguntungkan jika ditinjau dari sudut ekonomi dan waktu, tetapi memerlukan keterampilan-keterampilan yang diperoleh dengan latihan. Penggoresan yang sempurna akan menghasilkan koloni yang terpisah. Inokulum digoreskan di permukaan media agar nutrisi dalam cawan petri dengan jarum pindah (lup inokulasi). Di antara garis-garis goresan akan terdapat sel-sel yang cukup terpisah sehingga dapat tumbuh menjadi koloni. Cara penggarisan dilakukan pada medium pembiakan padat bentuk lempeng. Bila dilakukan dengan baik teknik inilah yang paling praktis. Dalam pengerjaannya terkadang berbeda pada masing-masing laboratorium tapi tujuannya sama yaitu untuk membuat goresan sebanyak mungkin pada lempeng medium pembiakan. Ada beberapa teknik dalam metode goresan, antara lain:

Sebelum proses kultur mikroba dilakukan, harus dipertimbangkan terlebih dahulu bagaimana agar tidak terjadi kontaminasi. Teknik yang digunakan dalam pencegahan kontaminasi disebut teknik aseptik dengan menjaga kesterilan kondisi inokulasi. Pengerjaan inokulasi mikroba dapat dilakukan pada *laminar air flow*, yang merupakan kotak kaca yang dijaga kesterilannya melalui perawatan bagian-bagiannya dengan alcohol dan penyinaran dengan lampu UV sebelum pengerjaan inokulasi. Selanjutnya, media yang digunakan dapat disterilkan terlebih dahulu menggunakan alat *autoclave*. Selain itu, transfer aseptik pada kultur dari salah satu medium ke medium yang lain harus dilakukan dengan baik dan teliti dengan loop inokulasi atau jarum ose yang harus disterilkan oleh pembakaran pada nyala api.

#### **b. Alat-alat yang digunakan dalam inokulasi**

##### 1) Autoclave

Autoclave adalah alat untuk mensterilkan berbagai macam alat dan bahan yang digunakan dalam mikrobiologi menggunakan uap air panas bertekanan. Tekanan yg digunakan pada umumnya 15 Psi atau sekitar 2 atm dan dengan suhu 121°C (250 °F). Rentang waktu sterilisasi yang umum dilakukan adalah selama 15 menit pada suhu 121°C. Penggunaan alat autoclave ini harus diperhatikan dengan teliti, baik dari ketersediaan air maupun fungsi berbagai tombol pada alat tersebut.

##### 2) Cawan petri

Cawan petri (*petridish*) adalah sebuah wadah yang berbentuk bundar dan terbuat dari plastik atau kaca yang digunakan untuk membiakkan sel. Cawan petri dinamai menurut nama penemunya pada tahun 1877, yaitu Julius Richard Petri (1852-1921), ahli bakteri berkebangsaan Jerman. Alat ini digunakan sebagai wadah untuk mengkultur bakteri, khamir, spora atau biji-bijian. Cawan petri plastik dapat dimusnahkan setelah sekali pakai untuk kultur bakteri.

##### 3) Pembakar bunsen

Pembakar bunsen (*bunsen burner*) merupakan salah satu alat yang berfungsi untuk menciptakan kondisi yang steril khususnya untuk sterilisasi jarum ose. Bagian api yang paling cocok untuk memijarkannya adalah bagian api yang berwarna biru (paling panas).

4) Inkubator

Inkubator adalah alat utk menginkubasi atau memeram mikroba pada suhu yang terkontrol. Alat ini dilengkapi dengan pengatur suhu dan pengatur waktu. Kisaran suhu untuk inkubator produksi Heraeus B5042 misalnya adalah 10-70 °C.

5) Mikropipet

Mikropipet dan adalah alat untuk memindahkan cairan yang bervolume sangat kecil, biasanya kurang dari 1000  $\mu\text{l}$ . Banyak pilihan kapasitas dalam mikropipet, misalnya mikropipet yg dapat diatur volume pengambilannya (*adjustable volume pipette*) antara 1 $\mu\text{l}$  sampai 20  $\mu\text{l}$ , atau mikropipet yang tidak bisa diatur volumenya, hanya tersedia satu pilihan volume (*fixed volume pipette*) misalnya mikropipet 5  $\mu\text{l}$ . Dalam penggunaannya, mikropipet memerlukan tip.

### c. Inokulasi Rhizobium

Familia kacang-kacangan (*Leguminoceae*) merupakan tanaman yang berasal dari daerah subtropis, sehingga kacang di Indonesia efektif ditanam di daerah yang bersuhu rendah. Di Indonesia, kacang-kacangan biasanya ditanam dengan sistem tumpangsari atau dirotasi dengan tanaman padi di sawah.

Familia kacang-kacangan ini merupakan tanaman yang istimewa, karena dapat mengikat Nitrogen dari udara dan menggunakannya untuk melengkapi kebutuhan tanaman sehubungan dengan proses metabolisme tanaman itu sendiri. Tidak terkecuali kacang-kacangan. Hal itu disebabkan karena tanaman kacang-kacangan mempunyai hubungan simbiosis dengan bakteri *Rhizobium* sp. Tanaman kacang-kacangan dan bakteri *Rhizobium* dapat bersimbiosis dan membentuk bintil akar yang mempunyai fungsi mengikat Nitrogen bebas yang ada dalam pori-pori tanah dan diubah oleh bakteri menjadi Nitrogen tersedia dalam tanah dalam bentuk nitrat yang dapat diserap oleh tanaman.

Proses inokulasi *Rhizobium* adalah pemberian inokulan bakteri *Rhizobium* sp ke dalam tanah yang digunakan sebagai media penanaman tanaman kacang-kacangan. Inokulasi ini bertujuan untuk membuat simbiosis antara akar tanaman dengan bakteri sehingga akan terbentuk bintil-bintil

akar. Proses inokulasi tersebut diawali dengan inokulan yang berasal dari bakteri *Rhizobium sp* dicampurkan ke dalam media tanah pada konsentrasi tertentu sehingga sel-selnya akan berinteraksi dengan sel jaringan akar sehingga terbentuklah bintil akar. Di dalam bintil akar terdapat bakteri yang berkembang biak serta melakukan kegiatan fiksasi Nitrogen bebas yang ada di udara. Hasil simbiosis yang digolongkan sebagai simbiois mutualisme ini yaitu asam amino untuk tanaman dan karbohidrat untuk bakteri.

Dalam bidang pertanian, pemberian inokulan *Rhizobium sp* untuk tanaman kacang-kacangan sangat efektif untuk mengurangi penambahan pupuk Nitrogen kimia, sehingga hasil panen kacang-kacangan diharapkan mempunyai kualitas yang lebih baik.

Peranan keberadaan bakteri rhizobium yang efektif pada tanaman kacang-kacangan adalah bakteri dapat mengurangi kebutuhan N tanaman karena dapat mensuplainya. N (urea, ZA) yang diberikan bisa hilang karena pencucian, denitrifikasi, terangkut saat panen. Peranan bakteri terjadi saat tanaman dalam kondisi kekurangan N (proses simbiosis).

Faktor yang mempengaruhi keberadaan bintil akar yaitu:

- Sumber makanan: BO (bahan organik) dan perakaran untuk bertahan sebelum menginfeksi tanaman.
- Mikroorganisme lain: Sebagai kompetitor dirizofir terutama yang antagonis, karena dapat menghalangi infeksi.
- Lingkungan: Yang mempengaruhi kegiatan fotosintesis untuk menyediakan kebutuhan energi bakteri (cahaya, luas daun, CO<sub>2</sub>, pembentukan biji/fase vegetatif)
- pH: Yang dikehendaki netral dan agak basa
- Suhu: Yang disukai 20-28oC, masing-masing jenis isolat berbeda tanggapnya terhadap suhu
- Ketersediaan air dan hara untuk fotosintesis: Karena fotosintat yang dihasilkan tanaman dimanfaatkan oleh bakteri
- Senyawa racun: Yang berasal dari herbisida, fungisida di tanah tidak disukai bakteri bintil, dapat berpengaruh terhadap keberadaan bakteri, salinitas
- Ketersediaan nutrisi: Seperti N yang bisa menghambat bintil P untuk suplai energi; Mo untuk kerja nitrogenase, Fe dan Co untuk

leghemoglobin dan transfer elektron.

- Kesesuaian genetik antara bakteri dengan tanaman (untuk keperluan infeksi)

Hubungan simbiosis antara tanaman legum dengan bakteri bintil akar. Simbiosis Mutualisme yang terjadi. Bakteri mendapatkan zat hara yang kaya energi dari tanaman inang sedangkan tanaman inang mendapatkan senyawa nitrogen dari bakteri untuk melangsungkan kehidupannya.

Mekanisme Penambatan Nitrogen oleh bakteri bintil akar adalah untuk menambat nitrogen, bakteri ini menggunakan enzim nitrogenase, dimana enzim ini akan menambat gas nitrogen di udara dan merubahnya menjadi gas amoniak. Gen yang mengatur proses penambatan ini adalah gen nif (Singkatan nitrogen - fixation). Gen-gen nif ini berbentuk suatu rantai, tidak terpecah ke dalam sejumlah DNA yang sangat besar yang menyusun kromosom bakteri, tetapi semuanya terkelompok dalam suatu daerah. Hal ini memudahkan untuk memotong bagian untaian DNA yang sesuai dari kromosom *Rhizobium* dan menyisipkannya ke dalam mikroorganisme lain (Prentis, 1984 dalam Susanto, 2000)

Keuntungan memanfaatkan bakteri *rhizobium* :

- Tidak mempunyai bahaya atau efek sampingan
- Efisiensi penggunaan yang dapat ditingkatkan sehingga bahaya pencemaran lingkungan dapat dihindari
- Harganya yang relatif murah
- Teknologinya yang sederhana

#### **d. Cara-cara inokulasi *Rhizobium***

Pemberian inokulan bakteri *Rhizobium* sp ke dalam tanah digunakan sebagai media penanaman tanaman kacang-kacangan. Inokulasi ini bertujuan untuk membuat simbiosis antara akar tanaman dengan bakteri sehingga akan terbentuk bintil-bintil akar. Proses inokulasi tersebut diawali dengan inokulan yang berasal dari bakteri *Rhizobium* sp dicampurkan ke dalam media tanah pada konsentrasi tertentu sehingga sel-selnya akan berinteraksi dengan sel jaringan akar sehingga terbentuklah bintil akar. Di dalam bintil akar terdapat bakteri yang berkembang biak serta melakukan kegiatan fiksasi Nitrogen bebas yang ada di udara. Hasil simbiosis yang digolongkan sebagai

simbiois mutualisme ini yaitu asam amino untuk tanaman dan karbohidrat untuk bakteri.

Pemberian inokulasi *Rhizobium* sp. Pada tanaman kacang-kacangan bertujuan untuk menyediakan bakteri Rhizobium pada tanah yang belum atau tidak pernah ditanami tanaman kacang-kacangan. Kehadiran bakteri Rhizobium yang serasi merupakan syarat utama untuk menjamin terbentuknya bintil akar efektif, maka kemampuan menambat nitrogennya dapat mencukupi kebutuhan nitrogen sebesar 80-90% dari kebutuhan tanaman dan meningkatkan produksi antara 10%-25%. Sehingga tanaman kacang-kacangan tidak memerlukan lagi tambahan pupuk nitrogen.

Terdapat dua cara dalam inokulasi Rhizobium, yaitu :

- melalui biji dapat menggunakan Inokulum buatan pabrik dan Inokulum bubuk tanah;
- melalui tanah

Dosis pemberian inokulasi rhizobium tergantung pada sumber inokulum yang digunakan. Inokulum buatan pabrik, Legin, rhizogen, atau nitragin dosisnya antara 5-10 gram/kg benih kacang-kacangan, sedangkan inokulum berupa bubuk tanah yang berasal dari lahan yang ditanami tanaman kacang-kacangan dosisnya adalah 100 gram/kg benih kacang-kacangan.

### 6.1.3. Pupuk hayati

Pupuk hayati (*biofertilizer*) seringkali dianggap sebagai pupuk organik. Kekeliruan ini sepertinya sepele, namun bisa berakibat fatal jika terdapat kesalahan dalam menggunakannya. Permentan No. 2 tahun 2006, menggolongkan pupuk hayati ke dalam pembenah tanah, bukan pupuk organik. Pembenah tanah itu sendiri bisa organik ataupun non organik. Pupuk hayati termasuk dalam pembenah tanah yang terdiri dari organisme hidup atau organik. Pupuk organik didefinisikan antara lain sebagai sekumpulan material organik yang terdiri dari zat hara (nutrisi) bagi tanaman, didalamnya bisa mengandung organisme hidup atau pun tidak, sedangkan pupuk hayati merupakan sekumpulan organisme hidup yang aktivitasnya bisa memperbaiki kesuburan tanah. Dalam prakteknya bisa saja satu pupuk organik mengandung agen hayati ataupun sebaliknya. Meskipun begitu, tidak semua pupuk organik yang mengandung mikroorganisme hidup dikatakan

sebagai pupuk hayati. Kondisi mikroorganisme dalam pupuk hayati harus memenuhi syarat kualitas tertentu.

Terdapat dua peran utama pupuk hayati dalam budidaya tanaman, yakni sebagai pembangkit kehidupan tanah (*soil regenerator*) dan menyuburkan tanah kemudian tanah memberi makan tanaman (*Feeding the soil that feed the plant*). Mikroorganisme yang terdapat dalam pupuk bekerja dengan cara:

- Penambat zat hara yang berguna bagi tanaman. Beberapa mikroorganisme berfungsi sebagai penambat N, tanpa bantuan mikroorganisme tanaman tidak bisa menyerap nitrogen dari udara. Beberapa berperan sebagai pelarut fosfat dan penambat kalium
- Aktivitas mikroorganisme membantu memperbaiki kondisi tanah baik secara fisik, kimia maupun biologi.
- Menguraikan sisa-sisa zat organik untuk dijadikan nutrisi tanaman.
- Mengeluarkan zat pengatur tumbuh yang diperlukan tanaman seperti beberapa jenis hormon tumbuh.
- Menekan pertumbuhan organisme parasit tanaman. Pertumbuhan mikroorganisme baik akan berkompetisi dengan organisme patogen, sehingga kemungkinan tumbuh dan berkembangnya organisme patogen semakin kecil.

#### **a. Kualitas pupuk hayati**

Berdasarkan penelitian Simanungkalit, dkk. 2005 dalam Pupuk hayati dan pembenah tanah yang diterbitkan Balitbang Pertanian tahun 2006, kualitas pupuk hayati bisa dilihat dari parameter berikut:

- Jumlah populasi mikroorganisme, jumlah mikroorganisme hidup yang terdapat dalam pupuk harus terukur. Bila jumlahnya kurang maka aktivitas mikroorganisme tersebut tidak akan memberikan pengaruh pada pertumbuhan tanaman.
- Efektifitas mikroorganisme, tidak semua mikroorganisme memberikan pengaruh positif pada tanaman. Bahkan beberapa diantaranya bisa menjadi parasit, hanya mikroorganisme tertentu yang bisa dijadikan sebagai pupuk hayati. Sebagai contoh, jenis *Rhizobium* yang bisa menambat nitrogen, atau *Aspergillus niger* sebagai pelarut fosfat.

- Bahan pembawa, fungsinya sebagai media tempat mikroorganisme tersebut hidup. Bahan pembawa harus memungkinkan organisme tetap hidup dan tumbuh selama proses produksi, penyimpanan, distribusi, hingga pupuk siap digunakan.
- Masa kadaluarsa, sebagai mana makhluk hidup lainnya mikroorganisme tersebut memiliki siklus hidup. Apabila mikroorganisme dalam pupuk hayati telah mati, pupuk tersebut tidak bisa dikatakan sebagai pupuk hayati. Untuk memperpanjang siklus hidup tersebut, produsen pupuk biasanya mengemas mikroorganisme tersebut dalam keadaan dorman, sehingga perlu aktivasi kembali sebelum pupuk diaplikasikan pada tanaman. Pupuk hayati yang benar seharusnya mencantumkan tanggal kadaluarsa dalam kemasannya.

#### **b. Jenis-jenis pupuk hayati**

Dewasa ini dikenal dua jenis pupuk hayati dari kandungan mikroorganismenya, yakni tunggal dan majemuk. Pupuk hayati tunggal hanya mengandung satu jenis mikroba yang memiliki satu fungsi, misalnya mikroba dari jenis *Rhizobium* sebagai penambat nitrogen, sedangkan pupuk majemuk biasanya memiliki lebih dari tiga jenis mikroba.

Jenis pupuk hayati majemuk banyak dikembangkan belakangan ini. Di Indonesia pupuk hayati yang beredar dipasaran kecenderungannya dari jenis majemuk, sedangkan di negara-negara maju lebih banyak jenis tunggal. Bentuk pupuk hayati yang beredar di pasaran biasanya berbentuk cair dan padat (tepung). Merek-merek yang terkenal diantaranya EM4, Sumber Subur dan M-Bio, sedangkan yang berbentuk padat antara lain Evagrow dan Solagri.

#### **c. Aplikasi pupuk hayati**

Di pasaran, biasanya pupuk hayati dijual lebih tinggi dari pupuk organik biasa. Bahkan jenis pupuk hayati yang berupa **biang** atau disebut juga agen hayati dijual dengan harga yang sangat mahal. Karena pupuk tersebut diperuntukkan sebagai biang, sehingga petani bisa memperbanyak sendiri.

Pupuk hayati dapat diaplikasikan pada tanah, daun, akar, batang, bunga atau benih. Pupuk ini biasanya efektif diaplikasikan pada tanah yang memiliki kandungan organik tinggi. Mikroorganisme yang terdapat didalamnya membutuhkan kondisi yang baik untuk tumbuh dan berkembang. Pada tanah

yang miskin kandungan organik, mikroorganisme yang terdapat dalam pupuk hayati bisa saja mati dan tidak berkembang. Penggunaan pupuk hayati pada tanah yang miskin kandungan organik sebaiknya dikombinasikan dengan penggunaan kompos, pupuk hijau, pupuk kandang atau pupuk organik lainnya.

#### **6.1.4. Biotik merugikan**

Biotik merugikan meliputi : hama, penyakit, gulma dan patogen. Jenis-jenis biotik ini adalah makhluk hidup yang selalu merupakan faktor pembatas produksi tanaman, meliputi: hama (pests), penyakit (diseases), gulma (weeds) dan patogen (pathogen).

##### **a. Hama**

Hama umumnya serangga atau mamalia, tetapi tidak termasuk manusia, dari ukurannya dapat dilihat dengan mata biasa. Pengamatan terhadap hama biasanya dilakukan terhadap gejala (akibat serangan) dan tubuh hamanya itu sendiri. Kerugiannya adalah merusak secara mekanis (melubangi, memotong, mengerat, dan lain-lain, sebagian berperan sebagai vektor penular penyebab penyakit, menyerang dari lapangan sampai ke penyimpanan. Contoh hama adalah serangga (ulat, lalat, belalang, kutu daun, kumbang, dan lain-lain) dan, mamalia (tikus, babi, kelinci, gajah, monyet).

##### **b. Penyakit**

Penyakit adalah gangguan yang terjadi pada fungsi fisiologis tanaman yang disebabkan oleh adanya penyebab penyakit (patogen). Ukurannya mikroskopis (hanya dapat dilihat dengan bantuan mikroskop) karena itu disebut sebagai mikroorganisme. Sebagian lagi berukuran sub-mikroskopis (bahkan tidak dapat dilihat langsung walaupun dengan mikroskop, contohnya Virus, MLO). Pengamatan hanya dapat dilakukan terhadap gejala dan sebagian kecil terhadap tanda. Gejala adalah reaksi tanaman terhadap adanya gangguan dari penyebab penyakit. Contohnya : layu, daun menguning, bercak, dan lain-lain. Tanda adalah struktur tubuh patogen yang tampak terlihat dengan mata biasa tanpa alat bantu

##### **c. Gulma**

Gulma adalah tumbuhan pengganggu, yaitu tumbuhan yang keberadaannya di suatu lahan tidak kita inginkan, Bersifat merugikan tanaman karena berkompetisi ruang, cahaya, nutrisi, dan air. Juga dapat

mengeluarkan senyawa tertentu dari akarnya atau bagian lain yang merugikan atau mematikan tanaman lain. Contoh gulma seperti eceng gondok (gulma air) dan rumput teki (gulma darat).

#### **d. Patogen**

Patogen terdiri dari jamur atau cendawan, bakteri, nematoda (cacing mikroskopis), virus dan mikoplasma (BLO dan MLO). Patogen merugikan tanaman secara fisiologis karena merebut nutrisi yang dihasilkan tanaman sehingga tidak tersedia bagi pertumbuhan tanaman, mengganggu atau merusak fungsi organ tanaman sehingga tanaman tidak dapat berfungsi normal, menghalangi penyerapan cahaya matahari sehingga tanaman tidak dapat menyerap cahaya yang dibutuhkan.

Akibat yang ditimbulkan oleh biotik yang merugikan sebagai berikut :

##### **1. Gangguan**

Gangguan adalah setiap perubahan pertanaman yang mengarah kepada pengurangan kuantitas dan kualitas hasil tanaman yang diharapkan. Misalnya: lubang pada daun sebagai akibat dimakan serangga, bercak pada daun sebagai akibat penyakit, pengurangan tumbuh akibat persaingan dengan gulma, kematian jerami hijauan dan pucuk tanaman sebagai akibat adanya embun es, kehilangan klorofil sebagai akibat keracunan limbah industri, kerusakan karena angin kencang (cabang yang patah, pohon tumbang). Timbulnya gangguan pada tanaman (tanaman inang) sangat bervariasi tergantung pada faktor pendukungnya, seperti lingkungan yang sesuai, inang yang rentan, dan jasad pengganggu yang agresif atau virulen.

##### **2. Kerusakan**

Kerusakan adalah setiap pengurangan kuantitas atau kualitas hasil yang diharapkan akibat gangguan. Atau ditinjau dari segi ekonomi, kerusakan tanaman adalah ketidakmampuan tanaman untuk memberikan hasil yang cukup kuantitas maupun kualitasnya. Misalnya serangan kumbang penggerek buah kapas (*Amorphaidea* sp.) dapat menyebabkan buah tersebut gugur sebelum masak. Hal ini mengakibatkan berkurangnya kuantitas hasil yang diperoleh, walaupun secara kualitas hasilnya bagus.

##### **3. Kerugian dari segi ekonomi**

Kerusakan tanaman adalah ketidakmampuan tanaman untuk memberikan hasil yang optimal baik kuantitas maupun kualitasnya.

Penurunan kualitas hasil tanaman mengakibatkan penurunan nilai jualnya. Penurunan kuantitas berakibat pada berkurangnya jumlah hasil yang seharusnya dapat dijual. Menurunnya nilai jual dan berkurangnya jumlah hasil tersebut akan berpengaruh terhadap pendapatan dan berdampak terhadap aspek sosial ekonomi. Dampak sosial-ekonomi itulah disebut dengan kerugian.

## **6.2. Iklim dan Cuaca dalam Pertanian**

Iklim adalah salah satu faktor alam yang penting yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Ilmu yang mempelajari tentang iklim disebut klimatologi. Kondisi iklim untuk jangka waktu yang pendek disebut cuaca. Komponen iklim meliputi cahaya, temperatur, curah hujan, presipitasi, kelembaban udara dan angin. Alat-alat pencatat iklim biasanya ditempatkan di suatu tempat atau lapangan terbuka yang disebut stasiun meteorologi. Alat-alat ini mencatat data-data meteorologi dari waktu ke waktu, seperti penakar hujan dan pencatat suhu. Data iklim biasanya dicatat dalam periode 10 hari, 10 bulan, 10 tahun.

Di Indonesia faktor iklim yang menjadi kendala dalam pertanian adalah suhu dan hujan. Hal ini disebabkan oleh faktor geografis kepulauan Indonesia, dimana ketinggian tempat menyebabkan kondisi iklim dan satu tempat ke tempat yang lain sangat bervariasi.

Dalam pertanian dikenal adanya iklim mikro dan iklim makro. Iklim mikro adalah keadaan iklim atau cuaca di atas permukaan tanah sampai ketinggian kurang dari 2 meter. Kondisi iklim ini sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman perdu dan semak, termasuk kedalamnya tanaman semusim. Sedangkan iklim makro adalah kondisi iklim di atas ketinggian 2 meter dari permukaan tanah. Selain mempengaruhi pertumbuhan tanaman atau pohon yang tinggi berupa tanaman keras, termasuk kedalamnya hutan, iklim makro juga berpengaruh langsung terhadap kondisi iklim mikro.

Peranan iklim dalam pertanian yaitu dalam hal :

### **1. Pemilihan kultivar tanaman**

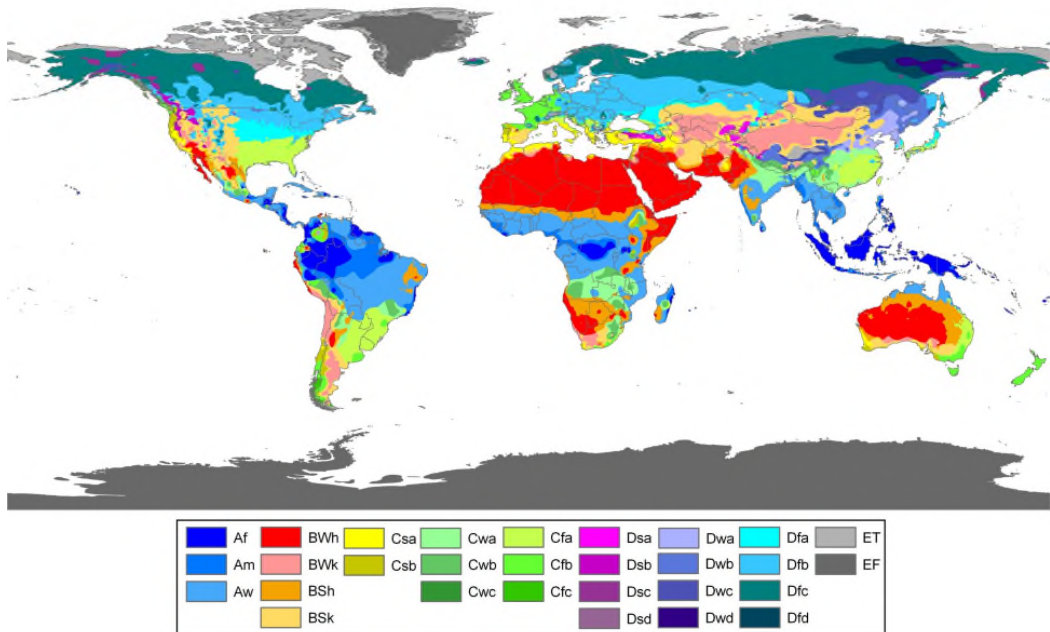
Berdasarkan kesesuaian tanaman terhadap iklim, tanaman dapat digolongkan ke dalam: tanaman beriklim tropis, tanaman beriklim sub tropis dan tanaman beriklim sedang.

## 2. Produktivitas hasil

Dengan berbagai macam cara tanaman bisa menyesuaikan diri dengan iklim yang disebut aklimatisasi. Sekitar 30 persen keberhasilan produksi pertanian ditentukan oleh iklim. Iklim mempengaruhi kualitas dan kuantitas hasil pertanian. Pengaruh secara tidak langsung dari iklim ini, yaitu melalui penyebaran dan infeksi hama dan penyakit pada tanaman.

## 3. Pelaksanaan usahatani

Diantara pengaruh iklim terhadap pelaksanaan usahatani yaitu: umumnya petani memulai pengolahan tanah pada awal musim hujan, padi gogo ditanam pada akhir musim kemarau, proteksi tanaman dilakukan pada saat cuaca tidak hujan dan angin tidak kencang seperti dalam penyemprotan pestisida.



**Gambar 6. Peta iklim global menurut Koppen-Geiger**  
Sumber: Peel *et al* (2007).

Kondisi iklim yang tidak normal, besar pengaruhnya terhadap pertanian. Dalam kisaran jangka waktu tertentu terjadi pergeseran kondisi. Perbedaan iklim berpengaruh pula terhadap jenis tanaman yang dapat tumbuh seperti terlihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Iklim dan sifatnya serta jenis vegetasi.**

Iklim	Karakter iklim	Vegetasi
Temperate Subtropis	Dingin dan basah, curah hujan lebih dari 762 mm/bln, suhu 10 °C. Subtropis suhu 17-23 °C.	Tanaman tingkat tinggi, perdu berkayu (schrubs) dan tubuhan basah (herbaceus), tanaman semusim musim dingin.
Tropis	Panas dan lembab, suhu 8-17 °C, curah hujan 2000-4000 mm/bulan	Hutan hujan tropis, perdu berkayu, padang rumput dan sabana, tanaman semusim
Daerah dibawah pengaruh angin muson	Perbedaan bulan kering dan bulan basah nyata, curah hujan sangat sedikit	Tanaman berkayu yang menggugurkan daun, perdu berkayu, tanaman semusim
Kutub dan dataran tinggi	Pada bulan panas suhu 10 °C, presipitasi salju, curah hujan 254 mm/bulan, kelembaban udara tinggi, evaporasi rendah. Di dataran tinggi matahari bersinar 6 bulan sekali pada musim semi	Tumbuhan tingkat rendah, perdu kerdil, padang rumput, lumut dan ganggang

### 6.3. Komponen Iklim dan Pengaruhnya pada Tanaman

#### 6.3.1. Cahaya

Sumber cahaya adalah matahari. Cahaya dimanfaatkan oleh tanaman sebagai radiasi yang berupa energi matahari. Cahaya yang dipancarkan matahari memiliki berbagai spektrum atau panjang gelombang cahaya. Penetrasi radiasi matahari yang mencapai atmosfer bumi berupa gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang bervariasi. Radiasi matahari yang tidak dapat ditangkap oleh mata yang sampai ke permukaan bumi merupakan bentuk cahaya infra merah dan ultraviolet. Pada ekologi tertentu, cahaya dengan gelombang panjang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman.

Cahaya yang kasat mata terdiri dari panjang gelombang 400 - 750 m.t. Cahaya ini bila didispersikan terdiri dari tujuh cahaya, yaitu violet, jingga, biru, hijau, kuning, oranye dan merah. Radiasi panjang gelombang ultra violet kurang dari 390 m.t dan hanya sekitar 2% dari radiasi yang mencapai permukaan bumi. Panjang gelombang infra merah adalah lebih dari 750 R.I. Untuk ultraviolet dan cahaya gelombang pendek lainnya biasanya digunakan satuan Angstrom ( $1\text{\AA} = 10^{-10}\text{ m}$ ). Aktivitas fotokimia yang digunakan, terbesar sekitar cahaya violet. Ultra violet berperan besar terhadap efek kematian protoplasma. Ultra violet juga berperan dalam membantu proses sintesis

antosianin pada daun dan merangsang terbentuknya hormon penghambat pertumbuhan tanaman, terutama dalam menghambat pertumbuhan batang. Demikian juga mikroba dapat dirusak oleh sinar ultra violet.

Sinar X dan sinar gamma dapat dipakai dalam proses ionisasi, dapat menyebabkan adanya sintesis dalam jaringan tumbuhan dan dalam dosis yang tinggi akibatnya sangat fatal.

Cahaya yang dapat dilihat mata (*visible light*) adalah yang aktif dalam proses fotosintesis, disebut dengan PAR (*Photosynthetic Activity Radiation*), dengan panjang gelombang 400 m $\mu$  sampai 750 m $\mu$ .

Setiap hari bumi rata-rata menerima kira-kira 500 kalori setiap 93 persen dipantulkan kembali ke atmosfer, 7 persen untuk fotosintesis. Dan 7 persen itu sekitar 2 persen hilang akibat respirasi dan 5 persen diubah menjadi bahan kering tanaman sebagai fotosintat. Pada tanaman jagung dari 5 persen itu, 3 persen untuk pertumbuhan akar dan hanya 2 persen menjadi biji.

Tingkatan peranan cahaya ditentukan oleh:

- Intensitas cahaya
- Kualitas cahaya
- Lamanya penyinaran (*duration*)

Pertumbuhan tanaman akan lambat jika intensitas cahaya terlalu tinggi, namun laju umur pertumbuhan semakin singkat. Cahaya merah menghambat pertumbuhan, kualitas cahaya ditentukan oleh panjang gelombang (spektrum cahaya). Panjang gelombang cahaya violet 400-435 m $\mu$ , biru 435-490 m $\mu$ , hijau 490-574 m $\mu$ , kuning 574-575 m $\mu$ , orange 575-625 m $\mu$  dan merah 625-750 m $\mu$ .

Lamanya matahari bersinar berpengaruh terhadap pertumbuhan dan pembungaan. Pengaruhnya terhadap tanaman disebut sebagai efek fotoperiodisitas. Penggolongan tanaman terhadap respon fotoperiodisitas yaitu :

- a. Tanaman berhari panjang (*long day plant*), yaitu tanaman yang menerima cahaya dalam satu hari lebih dari 12 jam seperti kentang dan lobak.
- b. Tanaman berhari pendek (*short day plant*), yaitu tanaman yang menerima cahaya dalam satu hari kurang dari 12 jam seperti sereal dan tembakau.
- c. Tanaman berhari netral (*neutral day plant*), dimana peran cahaya tidak begitu berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman seperti pada to-mat.

Tanaman yang menghendaki cahaya penuh selama pertumbuhannya disebut *heliophyta*, sedangkan yang tidak menghendaki cahaya penuh selama pertumbuhannya disebut *sciophyta*. Yang termasuk *heliophyta* yaitu tumbuhan tingkat tinggi, misalnya tanaman keras, padi, jagung, sorgum, kedelai, karet, kelapa dan kapas. Sedangkan tanaman yang termasuk *sciophyta* misalnya anggrek dan panili. Tanaman yang mendapat cahaya penuh dapat digolongkan lagi kedalam tanaman yang respon terhadap cahaya, yaitu golongan C3 dan C4 .

Ciri-ciri tanaman *heliophyta*:

- Batang dan ruas batang memanjang
- Akarnya banyak dan bercabang-cabang
- Rutikula tipis, sedangkan palisade tebal
- Terdapat jaringan spongy atau bulu-bulu pada daun
- Jaringan xylem lebih berkembang
- Ruang interselular pada jaringan mengecil
- Tingkat respirasi dan transpirasi tinggi
- Merangsang pembungaan dan buah
- Kandungan klorofil berkurang

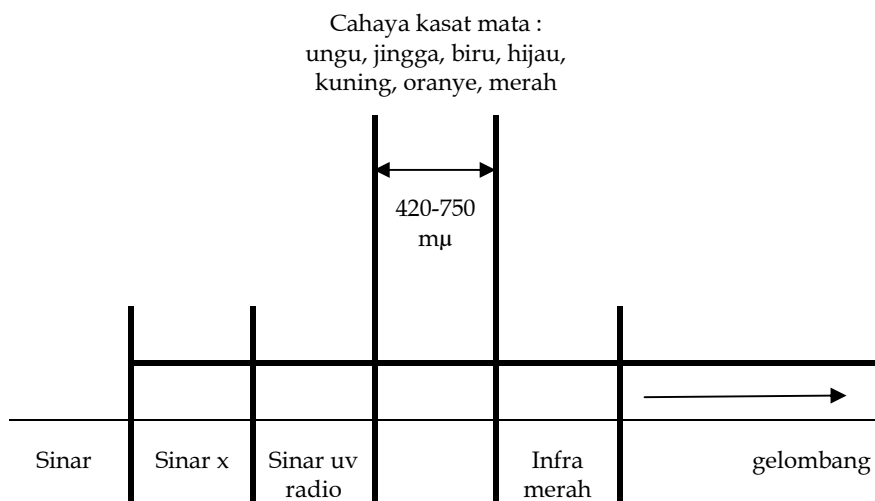
Pada tanaman *heliophyta*, bila cahaya sedikit maka akan memperlihatkan gejala etiolasi, yaitu batang memanjang dan sempit, daun pucat dan lemas serta mengecil.

Kebanyakan tanaman memerlukan intensitas cahaya lemah pada stadia kecambah atau bibit misalnya kopi, coklat, tembakau dan cengkeh. Untuk jenis tanaman tersebut, dalam pembibitannya dibuat pelindung guna mencegah cahaya langsung yang mungkin dapat membahayakan benih yang sedang tumbuh.

Penetrasi radiasi matahari tidak merata tergantung dari posisi bumi terhadap matahari atau posisi lintang tempat, misalnya di daerah iklim sedang ( $40^{\circ}$  LU, LS) radiasi matahari berkisar antara 80 - 140 kkal/cm<sup>2</sup>/th. Untuk iklim subtropis ( $30^{\circ}$  LU, LS) berkisar antara 140 - 190 kkal/cm<sup>2</sup>/th. Sedangkan di daerah tropis berkisar antara 130 - 220 kkal/cm<sup>2</sup>/th.

Radiasi infra merah tidak berpengaruh terhadap reaksi biokimia. Radiasi ini mempunyai efek panas yang paling tinggi dan mempengaruhi pertumbuhan batang dan dalam proses perkecambahan. Radiasi cahaya gelom-

panjang pendek kurang dari 290 jarang yang mencapai permukaan tanah. Penyebaran panjang gelombang radiasi matahari dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7. Spektrum radiasi matahari.**

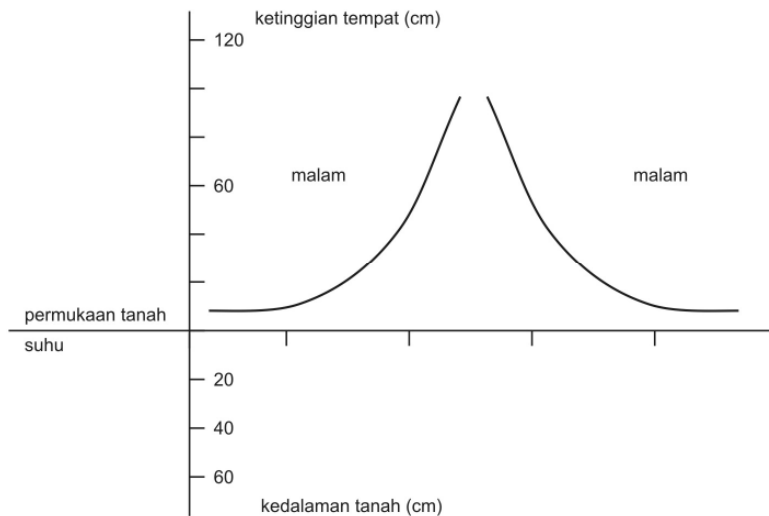
Pengaruh spesifik dari cahaya terhadap aktifitas fisiologi tanaman, yaitu :

**Pertama.** Berpengaruh langsung pada proses fotosintesis, dari total energi radiasi matahari yang mencapai tanah kurang lebih 2 persen untuk energi fotosintesis, dan padanya 10 persen untuk aktivitas fisiologi. Turnbuh-tumbuhan hijau mensintesis unsur hara dari air dan CO<sub>2</sub> dengan bantuan cahaya matahari sebagai energi utama. Dalam proses ini energi radiasi matahari di dalam tanaman diubah menjadi energi kimia. Energi kimia disimpan dalam bentuk C dengan makanan yang dipergunakan untuk aktivitas biokimia tanaman yang mendapat radiasi cahaya matahari yang terputus-putus (*intermitten*) dibandingkan dengan tanaman yang mendapat cahaya matahari secara terus-menerus (*continuous*).

Cahaya berperan dalam pengembangan plastida dan pigmen. Pada intensitas cahaya yang tinggi foto-oksidasi reduksi enzim tidak hanya menyebabkan laju sintesis karbohidrat, tetapi juga terjadi reduksi sintesis protein.

**Kedua.** Secara tidak langsung cahaya berperan dalam aktivitas fotosintesis, yaitu dalam hal substrat. Di bawah naungan atau di bawah permukaan air cahaya merupakan faktor pembatas bagi pertumbuhan

tanaman, fotosintesis tidak efektif yang mengakibatkan pertumbuhan terhambat. Cahaya pada titik kompensasi tanaman aktivitas fotosintesis sama dengan aktivitas respirasi, dalam keadaan ini terhadap tanaman tidak menyebabkan terjadinya peningkatan bobot bahan organik yang berupa bobot bahan kering. Titik kompensasi untuk setiap tanaman dan setiap fase tumbuh berlainan. Pada beberapa tanaman laju respirasi bertambah dengan penambahan tingkat intensitas cahaya, misalnya pada cana, nerium, bougenville. Dalam hal ini cahaya berperan dalam perubahan daya viskositas protoplasma dan foto-oksidasi reduksi enzim. Pada tanaman tingkat rendah (Thallophyta) peran cahaya dalam proses respirasi sangat kecil.



**Gambar 8. Pengaruh temperatur di atas dan di bawah permukaan tanah pada siang dan malam hari.**

**Ketiga.** Cahaya berperan dalam proses transpirasi, yaitu dalam hal membuka dan menutupnya stomata. Umumnya stomata membuka bila terkena cahaya dan menutup bila gelap. Cahaya berpengaruh dalam proses fosforilisasi dan konversi pad, terhadap peningkatan tekanan turgor sel. Pembukaan stomata meningkatkan pertukaran gas dan juga meningkatkan laju transpirasi pada siang hari sampai keadaan tertentu. Intensitas yang terlalu tinggi akan merusak sel tanaman.

**Keempat.** Cahaya berpengaruh dalam pertumbuhan dan pembungaan tanaman. Misalnya dalam pembukaan bunga pada tanaman terompet pada

jam 16.00 yang kadang-kadang disebut bunga 16.00. Juga pada bunga Tapakliman yang berbunga setelah jam 12.00.

Kelima. Cahaya berperan dalam perkembangan pertumbuhan tanaman. Batang, akar dan daun memperlihatkan respon yang berbeda. Pertumbuhan batang selalu menuju sumber cahaya (+fototropik) sedangkan pertumbuhan akar menjauhi sumber cahaya (- fototropik).

Keenam. Cahaya berperan dalam perkecambahan. Proses perkecambahan umumnya dihambat oleh cahaya, oleh karena itu untuk perkecambahan harus pada kondisi tanpa cahaya. Kuantitas cahaya diperlukan untuk merangsang pertumbuhan embrio.



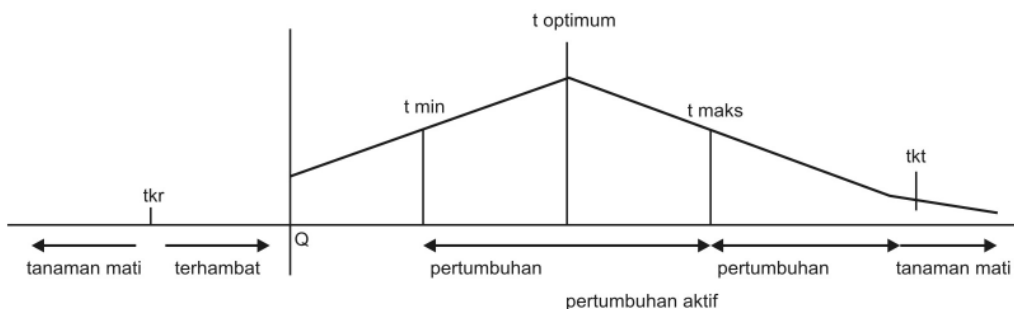
**Gambar 9. Alat pengukur lama penyinaran (*Sun shine recorder*).**

Di Jawa radiasi matahari minimum jatuh pada bulan Desember dan Februari, yaitu pada musim hujan. Radiasi matahari tertinggi yaitu pada bulan September di musim kemarau dimana matahari berada tepat di atas khatulistiwa.

Radiasi matahari rata-rata bulanan bertambah tinggi di dataran rendah dan padang rumput daerah kering, yang terdapat di bagian timur wilayah Indonesia yaitu NTT dan NTB.

### 6.3.2 Temperatur atau Suhu

Temperatur udara merupakan salah satu kendala yang menonjol dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Selain itu dikenal juga temperatur tanah yang terletak 25 - 100 cm di bawah permukaan tanah. Berkaitan dengan temperatur dikenal adanya "hukum Lapsraate" yang menyatakan bahwa setiap ketinggian tempat naik 100 m, maka temperatur udara akan turun 0,6 C. Siang hari menunjukkan bahwa makin tinggi permukaan tanah, temperaturnya makin rendah. Pada malam hari makin tinggi permukaan tanah temperatur udara makin naik.



**Gambar 10. Pengaruh suhu terhadap tanaman.**

Titik Q adalah batas antara pertumbuhan aktif dan terhambat. Kurang dari titik Q pertumbuhan berhenti, biji tidak berkecambah. Gandum berkecambah antara 0-3 °C, sedangkan jagung dan padi antara 10 - 27 °C. Kurang dari Temperatur minimal pertumbuhan tanaman tidak aktif. Temperatur yang dikehendaki tanaman tergantung dari fase tumbuhnya, untuk jagung temperatur minimum 8-10 °C, untuk fase pematangan lebih tinggi lagi. Pada temperatur optimal kecepatan pertumbuhan tanaman maksimal apabila faktor lingkungan biofisik lainnya mendukung, sehingga dapat menghasilkan produksi maksimal. Temperatur maksimal merupakan batas temperatur tertinggi untuk dapat berproduksi dengan baik. Titik kritis rendah (tkr) di daerah pegunungan dapat menyebabkan gejala frost. Keadaan ini dapat diatasi dengan pembuatan rorak atau pemanasan di lapangan, yaitu dengan pemasangan lampu patromak di sekitar pertanaman. Pada keadaan titik kritis tinggi (tkt) dapat diatasi dengan mulsa atau tanaman penutup tanah. Suhu maksimal, optimal dan minimal dikenal sebagai suhu kardinal,

yang berlainan untuk setiap jenis tanaman. Suhu tanaman untuk beberapa tanaman dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Temperatur kardinal untuk pertumbuhan beberapa tanaman budidaya.**

Jenis tanaman minimal	Suhu udara		
	Minimum	Optimum	Maksimum
Jagung ( <i>Zea mays</i> )	8-10	32 - 35	40 - 44
Padi ( <i>Oryza sativa</i> )	10 -12	30 - 37	40 - 42
Terigu / gandum ( <i>Triticum aestivum</i> )	3 - 5	15 - 30	30 - 43
Barley ( <i>Hordeum vulgare</i> )	3 - 5	25 - 30	30 - 43
Rye / Rogge ( <i>Secale cereale</i> )	3 - 5	25 - 30	30 - 40
Oats / havermooth ( <i>Avena sadva</i> )	3 - 5	25 - 30	30 - 40
Sorgum ( <i>Sorghum vulgare</i> )	20 - 23	30	40
Kacang tanah ( <i>Arachis hypogea</i> )	8	32	40
Singkong ( <i>Manihot utilissima</i> )	10	27 - 30	30 - 40
Ubi jalar ( <i>Ipomoea batatas</i> )	16	27	34
Tomat ( <i>Lycopersicum esculentum</i> )	20	25 - 35	35 - 40
Bayam ( <i>Amaranthus sp.</i> )	1- 2	10	20 - 30
Tenbakau ( <i>Tabacum nicotiana</i> )	10	24	30
Coklat ( <i>Theobrona cacao</i> )		24 - 28	
Kopi ( <i>Coffea sp.</i> )		10 -16	20
Kapas ( <i>Gosypium sp.</i> )	13	30 - 32	40

Di bawah permukaan tanah keadaan di atas sebaliknya, dalam hal ini akar mempunyai keistimewaan daya adaptasi yang besar terhadap fluktuasi temperatur yang besar pada malam dan siang hari. Pada siang hari makin tinggi kedalaman tanah, temperatur tanah makin rendah, sedangkan pada malam hari makin dalam tanah temperatur tanah akan makin tinggi.

Temperatur tanah dipengaruhi oleh kandungan air tanah, kandungan bahan organik dan pelindung tanah (naungan, mulsa). Peranan suhu pada tanaman berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, pembelahan sel tanaman, fotosintesis dan respirasi. Keadaan temperatur udara dipengaruhi oleh adanya hujan, radiasi matahari dan ketinggian tempat (altitude).

Ada beberapa istilah yang berkaitan dengan pengaruh suhu terhadap pertumbuhan tanaman yaitu antara lain :

Pertama. Thermo-periodisme, yaitu suhu yang dikehendaki tanaman untuk fase pertumbuhan tertentu. Pada siang hari bila suhu udara tinggi aktivitas fotosintesis tinggi, maka akumulasi bahan organik juga tinggi, demikian pula jika pada malam hari suhu rendah menyebabkan aktivitas

respirasi rendah yang dapat menyebabkan produksi tanaman meningkat. Keadaan ini sangat memungkinkan terjadi di daerah Lembang dan berpengaruh sangat baik terhadap produksi beberapa macam sayur-sayuran, misalnya tomat. Pada iklim temperate atau dingin, produksi tomat tinggi bila suhu malam antara 15 - 20 °C, bila suhu malam kurang dari 15 °C atau lebih dari 20 °C, produksi tomat menurun. Bila pada malam hari suhunya tinggi, terjadi penggunaan atau perombakan bahan organik untuk aktivitas respirasi tinggi sehingga akumulasi bahan organik rendah. Hal ini dapat menyebabkan produksi tanaman rendah. Pada budidaya padi sawah perbedaan suhu siang dan malam dapat diatasi dengan adanya genangan air (irigasi).



**Gambar 11. Termometer bola basah dan termometer bola kering (di dalam sangkar cuaca).**

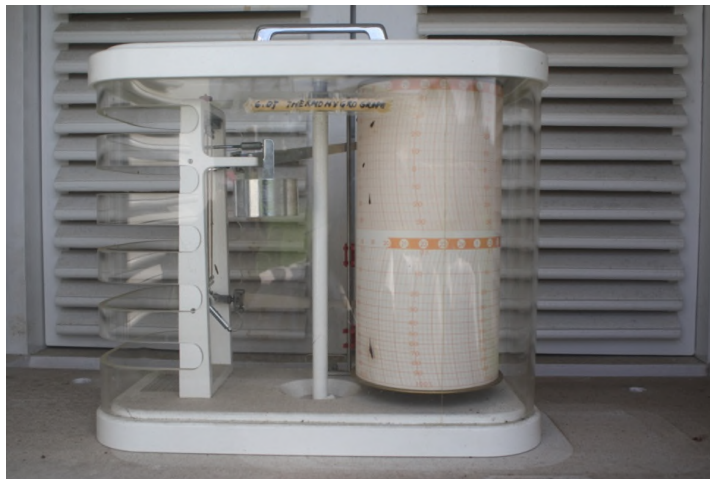
Kedua. Thermonasti, yaitu pergerakan tanaman karena pengaruh temperatur, misalnya terjadi pada bunga Tulip dan Crocus yang dapat berbunga pada temperatur yang tinggi. Bunga Sidagori (*Sida acuta*) bunganya mulai mekar pada jam 9.00 pagi dan menutup sekitar jam 12.00 siang, saat suhu udara menaik. Lain halnya pada Tapakliman (*Elephantopus*) berbunga sekitar jam 14.30 - 17.30, saat suhu menurun. Bougainville berbunga pada keadaan cerah dan panas.

Suhu udara di Indonesia relatif kecil variasinya. Di sebelah utara khatulistiwa suhu rata-rata bulanan maksimal pada bulan Mei dan minimal pada

bulan Desember sampai Januari, sedangkan di sebelah selatan khatulistiwa suhu maksimal pada bulan April sampai Mei dan akhir kemarau pada bulan Oktober. Suhu rata-rata bulanan di atas laut berkisar 25,2 °C di Medan pada bulan Januari dan 27,9 °C di Kupang pada bulan Oktober. Pada umumnya suhu di atas laut rata-rata 40 °C. Pada kisaran suhu 45-55 °C pertumbuhan tanaman terhenti atau mati, kecuali ragi tahan sampai suhu 114 °C, bakteri 120 - 130 °C dan cendawan (fungi) sampai 89 °C. Tanaman di daerah tropis umumnya menghendaki suhu sekitar 32 °C, pada suhu 26 °C vegetasinya berupa hutan cemara (conifers) dan pada 36 °C berupa padang rumput.

Berdasarkan toleransi terhadap suhu udara, tanaman terbagi atas :

- a. Tanaman *megatherm* (tahan suhu tinggi); yaitu tanaman di padang rumput sabana.
- b. Tanaman *microtherm* (tahan suhu rendah), yaitu tanaman dataran tinggi, misalnya algae dan tanaman musim dingin.
- c. Tanaman *mesotherm*, yaitu tanaman yang menghendaki suhu yang tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah (*moderate*), misalnya tanaman dataran rendah dan tanaman air (*aquatic plant*).



**Gambar 12. Thermo-higrograf**

Bila suhu sangat rendah bisa terjadi efek vernalisasi terutama di daerah beriklim dingin, yaitu terhambatnya proses pertumbuhan tanaman. Suhu udara berkaitan erat dengan kelembaban udara. Kelembaban udara mempengaruhi kondisi penyebaran penyakit pada tanaman. Pada kondisi

suhu rendah dan kelembaban tinggi pada awal musim hujan menyebabkan meningkatnya serangan karat pada tanaman sereal. Pada suhu rendah dan lembab sering menyebabkan terjadinya *dumping off*, *seedling blight*, yaitu busuk akar dan pangkal batang pada tanaman tembakau, pepaya dan jahe.

### 6.3.3 Curah Hujan dan Kelembaban Udara

Curah hujan berperan sebagai suplai air bagi tanaman. Di Indonesia curah hujan merupakan kendala utama bagi pertanian karena pada musim hujan terjadi kelebihan air yang bisa mengakibatkan banjir, sedangkan pada musim kemarau terjadi kekurangan air yang dapat menyebabkan kekeringan. Hal ini terjadi terutama untuk lahan pertanian tadah hujan. Kendala hujan di Indonesia yaitu erosi, keterbatasan air dan banjir apabila drainase buruk.

Komponen hujan yang penting untuk pertanian yaitu curah hujan, distribusi hujan dan intensitas hujan. Ketiga komponen itu menentukan pola hujan bagi suatu daerah. Untuk beberapa daerah di Indonesia keadaan pola hujan sudah dipetakan oleh Oldeman, seorang pakar agroklimatologi dari Belanda yang telah memadukan data curah hujan dan distribusi hujan bagi kepentingan pertanian terutama palawija. Data hujan didasarkan pada keperluan air selama pertumbuhan tanaman pangan palawija di Indonesia. Curah hujan di Indonesia berkisar antara 250-6000 mm/tahun. Daerah basah sebagian besar terdapat di daerah Sumatera, Kalimantan, Jawa terutama Jawa Tengah dan Jawa Barat. Di Papua curah hujannya lebih dari 2000 mm/tahun dengan bulan kering (BK) rata-rata 3 bulan per tahun, distribusi hujan umumnya merata.

Untuk bulan kering curah hujan yang turun kurang dari 60 mm/bulan. Jumlah air 60 mm, merupakan keadaan dimana air yang jatuh ke permukaan tanah sama dengan jumlah yang divapkan kembali (evaporasi). Curah hujan tahunan yang paling rendah terdapat di Palu yaitu sekitar 250 mm/tahun dan yang tertinggi terdapat di Bogor dan Pandeglang yaitu sekitar 6000 mm/tahun. Daerah lainnya umumnya kurang dari 1000 mm/tahun dengan bulan kering sekitar 6 bulan. Intensitas hujan tertinggi tercatat di pantai Florida Jawa Barat yaitu 87 mm/hari atau 1,5 - 5,3 per menit.

Kendala daerah yang banyak curah hujan bagi produksi pertanian antara lain banjir, tanah jadi masam misalnya pada jenis tanah Podsolik dan Latosol,

terkurangnya kation dan hara, terjadinya erosi karena "run off" dan berkaitan dengan kelembaban udara yang menjadi tinggi sehingga memungkinkan timbulnya penyakit yang disebabkan cendawan dan bakteri, seperti *Scierospora maydis* (bulai pada jagung), *Blaster blight* (cacar daun teh), disamping itu curah hujan menyebabkan radiasi matahari menjadi lebih rendah.

Di daerah dimana jumlah curah hujan sesuai dengan evaporasi, gejala lahan pertanian memperlihatkan adanya kekeringan dan alkalinitas.

Pola hujan menentukan species tanaman dan pola tanam di suatu daerah serta kualitas tanaman. Hujan yang terus-menerus menyebabkan kualitas tembakau kurang baik, karena kadar nikotinnya berkurang dan memungkinkan terserang *Sclerospora*. Pada tanaman jagung bila dekade pertama dalam pertumbuhannya curah hujan lebih dari 10 mm, maka akan terjadi hambatan respirasi akar sehingga pertumbuhan jagung kurang baik.

Daerah pada lintang 7 °LU dan 5 °LS tidak ada perbedaan iklim yang nyata pada musim kering. Musim kemarau yang mencolok terdapat di Jawa Timur sampai Papua dan ke sebelah utara sampai Sulawesi Selatan,

Penggolongan tanaman berdasarkan responnya terhadap curah hujan, terbagi atas :

**Pertama.** Tanaman yang menghendaki distribusi hujan yang merata selama pertumbuhannya, seperti coklat, teh, kelapa, kelapa sawit, kina, karet, ketela pohon dan ubi jalar.

**Kedua.** Tanaman yang menghendaki adanya udara yang cerah (bulan kering) pada fase pertumbuhan tertentu, terutama pada fase reproduktif, seperti kopi, kapas dan bougenville.

Air merupakan salah satu unsur terbesar yang menyusun suatu tanaman, yaitu sekitar 90 persen, terutama untuk produksi tanaman hortikultura. Kandungan air pada tanaman bervariasi tergantung dari jenis tanaman dan umur pertumbuhan tanaman. Pada tanaman padi yang telah mengalami fase pematangan (masa panen) kandungan airnya hanya sekitar 14 persen.

Air sangat vital bagi kehidupan tanaman karena air sebagai pelarut hara di dalam tanah dan menjadikan hara tersedia bagi tanaman. Air mempengaruhi morfologi, fotosintesis, berbagai proses fisiologi dan metabolisme serta menentukan struktur dan distribusi komunitas tanaman.

Kebutuhan air bagi tanaman yaitu banyaknya air yang digunakan tanaman untuk menghasilkan satu gram bahan kering. Rata-rata kebutuhan air tanaman sekitar 300 gram. Produksi 6 ton/ha butir jagung setara dengan 15 ton bahan kering, jika rendemennya 30 persen. Apabila 1 kg bahan kering setara dengan 1 liter air, maka air yang dibutuhkan adalah  $(15 \times 300)$  yaitu 4500 atau 4500 liter air/ha atau disebut juga sebanyak 450 mm dalam penakar hujan.

Fase kritis tanaman terhadap air umumnya terjadi pada fase vegetatif aktif dimana pada saat ini diperlukan air yang maksimal. Masa kritis air untuk tanaman jagung yaitu pada saat berumur 10 hari sebelum bunga jantan keluar sampai 20 hari setelah keluar bunga betina (kurang lebih berumur 40 hari). Untuk tanaman kentang, pada saat mulai pembentukan ubi diperlukan air yang cukup. Tanaman semusim yang toleran terhadap kekurangan air, yaitu sorgum, terigu (gandum), kacang hijau dan kedele. Di alam, air dapat berupa uap, cairan, awan, es, salju, frost dan hujan. Di atmosfer, air tertahan sebagai uap air, sedangkan apabila air itu jatuh ke permukaan tanah disebut presipitasi.



**Gambar 13. Alat ukur penguapan air.**

Siklus hidrologi air melalui beberapa proses sebagai berikut: Air berasal dari proses evaporasi sumber air di alam, yaitu laut, danau, sungai dan rawa-rawa yang menghasilkan uap air ke atmosfer. Selanjutnya terjadi

perpindahan uap air atau gerakan massa dari daerah yang renggang kandungan uap airnya ke daerah yang padat, kemudian bersatu dan berkondensasi (berubah dari uap air menjadi embun) akibat adanya suhu yang rendah. Pada proses ini adanya inti higroskopis sangat berperan sekali dan akhirnya terjadi proses presipitasi. Sirkulasi ini tidak merata di atas permukaan bumi.

Evaporasi sangat berkorelasi dengan radiasi matahari dan suhu udara. Evaporasi rata-rata harian di Cipanas pada ketinggian 1100 m dpl termasuk Kias A, yang bervariasi sekitar 3 mm/hari pada musim hujan dan 4,2 mm/hari pada musim kemarau. Di dataran rendah Muara dengan ketinggian 260 m dpi. tingkat evaporasi pada musim hujan sekitar 3,5 mm/hari, sedangkan pada musim kemarau dengan suhu tinggi mencapai 4,6 mm/hari.

Kombinasi radiasi matahari yang tinggi ( $470 \text{ kal/cm}^2/\text{hari}$ ), suhu maksimal tertinggi ( $33,9 \text{ }^\circ\text{C}$ ) dan kelembaban udara yang rendah merupakan tipe daerah "purther inland". Evaporasi yang mencolok terjadi di Mojosari, yaitu 6,5 mm/hari pada musim kemarau.

Jumlah curah hujan di daerah yang berbeda menentukan tipe vegetasi yang dapat tumbuh, seperti dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Komunitas tanaman berdasarkan curah hujan bulanan.**

Curah hujan bulanan (cm)	Jenis vegetasi
0 - 13.24	<i>desert</i> , sabana dan padang rumput
13.25 - 35.1	<i>semi-arid</i> , padang rumput
35.2 - 63.5	<i>dry sub tropical</i> , savana yaitu peralihan dari padang rumput ke hutan tanaman keras
63.6 - 114.3	<i>humid sub tropical</i> , hutan basah sub-tropis
114.4 - 203.2	<i>tropical rain forest</i> , hutan hujan tropis

Kelembaban udara berpengaruh langsung terhadap bentuk dan struktur tanaman. Pengaruh yang langsung yaitu terhadap tingkat transpirasi tanaman. Berdasarkan kebutuhan air, tanaman dapat dibagi ke dalam tiga golongan, yaitu:

- a. *Hydrophyta*, yaitu tanaman yang tahan terhadap lingkungan air yang berlebih atau dikenal juga sebagai "aquatic plant", dimana kandungan tata air tanahnya di atas kapasitas lapang.
- b. *Xerophyta*, yaitu tanaman yang beradaptasi di daerah lahan kering, di-

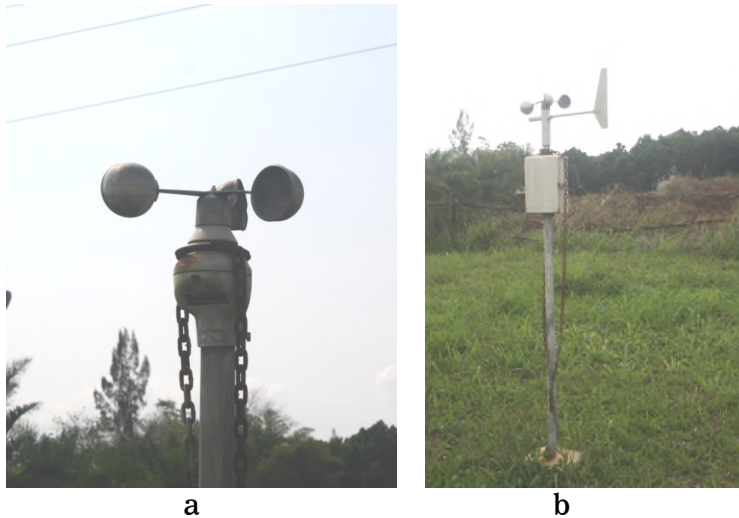
mana kandungan tata air tanahnya di bawah kapasitas lapang.

- c. *Mesophyta*, yaitu tanaman yang dapat tumbuh dalam habitat dimana kandungan air tanah sekitar kapasitas lapang. Umumnya tanaman budidaya, seperti tanaman pangan, palawija dan hortikultura.

#### 6.3.4 Angin

Dalam pertanian, angin berpengaruh terhadap kondisi ekologi yaitu terhadap kadar air tanah dan suhu udara melalui proses evapotranspirasi. Pengaruh angin pada tanaman, yaitu:

- a. Angin meningkatkan kehilangan air pada tanaman, yaitu berubahnya kelembaban udara dan tekanan air dari ruang interseluler pada daun.
- b. Secara mekanis angin menyebabkan erosi tanah dan merusak vegetasi melalui perubahan struktur dan fisiologis. Hal ini menyebabkan menurunnya tingkat pertumbuhan tanaman. Terjadinya reduksi kandungan kadar air di udara menyebabkan menurunnya pula tegangan turgor pada tanaman. Untuk melindungi tanah dari erosi angin dapat dilakukan dengan menanam tanaman penutup tanah (*cover crop*). Perlindungan pada beberapa tanaman di perkebunan seperti teh, coldat dan karet, yaitu dengan menanam tanaman keras sekeliling pertanaman.
- c. Angin yang bertiup kencang sepanjang tahun ke satu arah, misalnya di daerah pantai menyebabkan arah pertumbuhan tanaman mengikuti arah angin.
- d. Angin membantu proses penyerbukan (menerbangkan polen) pada biji-bijian yang kecil dan ringan serta spora tanaman, Jadi angin juga memegang peranan penting dalam distribusi komunitas tanaman.
- e. Angin berpengaruh terhadap berkembangnya hama dan penyakit pada tanaman. Angin kumbang di Cirebon dan Brebes yang sifatnya kencang dan panas menyebabkan tersapunya hama dan penyakit tanaman bawang yang ditanam sesudah terjadinya angin tersebut, sehingga pertumbuhan dan produksinya meningkat. Demikian pula angin gending di Kuningan dan angin bohorok di Deli berpengaruh baik terhadap tembakau Deli.



**Gambar 14. Anemometer, tanpa penunjuk arah angin (a) dan dengan penunjuk arah angin (b).**

## 6.4. Tipe dan Pola Hujan

### 6.4.1 Tipe curah hujan menurut Schmidt dan Fergusson (1951)

Tipe curah hujan yang turun di suatu tempat dalam kurun waktu 10 tahun dapat ditetapkan berdasarkan Schmidt dan Fergusson dimana curah hujan bulanan dikelompokkan berdasarkan bulan basah (BB) dan bulan kering (BK). BB jika curah hujan > 100 mm per bulan, BK jika curah hujan < 60 mm perbulan, BL (bulan lembab) antara 60 - 100 mm per bulan.

Klasifikasi tipe Curah Hujan menurut Schmidt dan Fergusson terdapat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Klasifikasi tipe curah hujan.**

Tipe curah hujan	Nilai Q (%)	Sifat
A	0,0 5 Q < 14,3	sangat basah
B	14,3 5 Q < 33,3	basah
C	33,3 5 Q < 60,0	agak basah
D	60,0 5 Q < 100,0	sedang
E	100,0 5 Q < 167,0	agak sedang
F	167,0 5 Q < 300,0	kering
G	300,0 5 Q < 700,0	sangat keying
H	700,0 5 Q	ekstrim kering

Nilai Q ditentukan dengan rumus :  $Q = \frac{\text{rata-rata bulan kering}}{\text{rata-rata bulan basah}} \times 100\%$

#### 6.4.2 Pola hujan menurut Oldeman (1975)

Curah hujan berperan sebagai suplai air bagi tanaman. di Indonesia curah hujan merupakan kendala utama bagi pertanian. Pada musim hujan terjadi kekurangan air yang dapat menyebabkan kekeringan. Hal ini terjadi terutama untuk lahan pertanian tadah hujan. Kendala hujan di Indonesia yaitu erosi, keterbatasan air dan banjir apabila drainase buruk.

Komponen hujan yang penting untuk pertanian yaitu curah hujan, distribusi hujan dan intensitas hujan. Ketiga komponen itu menentukan pola hujan di suatu daerah. Di beberapa daerah di Indonesia keadaan pola hujan sudah dipetakan oleh Oldeman (1975) seorang pakar agroklimatologi dari Belanda yang telah memadukan data curah hujan dan distribusi hujan bagi kepentingan pertanian terutama untuk padi dan palawija. Data hujan didasarkan pada keperluan air selama pertumbuhan tanaman pangan palawija di Indonesia. Untuk tadah hujan, bila hujan bulanan lebih besar dari 200 mm, tanaman padi sawah dapat ditanam baik secara langsung (*direct seeding*) ataupun disemaikan terlebih dahulu. Padi sawah dapat ditanam satu atau dua kali setahun tergantung dari jumlah dan sebaran bulan basah (> 200 mm). Bila curah hujan antara 100 - 200 mm per bulan, tergantung sebarannya, tanaman palawija (termasuk padi gogo) dapat ditanam dua atau tiga kali setahun.

Oldeman menentukan BB jika curah hujan > 200 mm/bulan; BL curah hujan antara 100 - 200 mm/bulan; BK bila curah hujan < 100 mm/bulan. Untuk pola hujan ditentukan berdasarkan jumlah BB dan BK berturut-turut, disesuaikan berdasarkan zone Agroklimat dalam Tabel 7. Penggolongan tanaman berdasarkan respon terhadap curah hujan, terbagi atas :

- a. golongan tanaman yang menghendaki distribusi hujan yang merata selama pertumbuhannya, misalnya coklat, teh, kelapa, kelapa sawit, kina, karet, ketela pohon dan ubi jalar.
- b. golongan tanaman yang menghendaki adanya udara yang cerah (bulan kering) pada fase pertumbuhan tertentu terutama pada fase reproduktif (misal: kopi, kapas, bougenville).

**Tabel 7. Zone agroklimat menurut Oldeman.**

Zone Agroklimat	Kondisi sebaran BB dan BK
A	lebih besar dari 10 BB berurutan
B1	7 - 9 BB berurutan dan < 2 BK
B2	7 - 9 BB berurutan dan 2 - 4 BK
C1	5 - 6 BB berurutan dan > 2 BK
C2	5 - 6 BB berurutan dan 2 - 4 BK
C3	5 - 6 BB berurutan dan 5 - 6 BK
D1	3 - 4 BB berurutan dan < 2 BK
D2	3 - 4 BB berurutan dan 2 - 4 BK
D3	3 - 4 BB berurutan dan 5 - 6 BK
D4	3 - 4 BB berurutan dan < 6 BK
E1	< 3 BB berurutan < 2 BK
E2	< 3 BB berurutan 2 - 4 BK
E3	< 3 BB berurutan 5 - 6 BK
E4	< 3 BB berurutan > 6 BK

Sebagai contoh perhitungan curah hujan :

a. Menurut Schmith & Ferguson :

Diketahui data curah hujan kota Batu tahun 1998-2007 (dalam milimeter) sebagai berikut:

Bulan	Tahun										Jumlah
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Jan	90	129	245	247	425	195	326	290	354	87	2388
Feb	262	410	326	225	433	237	307	206	392	274	3072
Mar	357	286	307	356	323	219	234	115	268	359	2824
Apr	129	333	134	330	120	117	143	175	19	397	1897
Mei	36	132	57	32	45	62	67	87	12	53	583
Jun	28	57	31	67	40	53	50	24	7	55	412
Jul	20	16	10	2	18	23	5	7	0	7	108
Agst	0	5	0	0	7	12	1	10	0	0	35
Sept	0	18	0	25	2	3	0	12	0	18	78
Okt	106	78	23	90	87	42	10	142	5	78	661
Nov	147	277	275	227	198	134	257	300	121	242	2178
Des	172	298	387	255	287	299	243	304	359	270	2874
JUMLAH	1347	2039	1795	1856	1985	1396	1643	1672	1537	1840	17110
Bln Kering	5	3	5	4	5	4	4	4	7	3	44
Bln lembab	1	2	1	2	1	1	2	1	0	4	15
Bln Basah	6	7	6	6	6	7	6	5	5	5	59

Diketahui bahwa rata-rata bulan kering selama 10 tahun= 44, sedangkan rata-rata bulan basahnya= 59. Dengan rumus “Q”, maka diperoleh bahwa harga Q= 74,6%, atau 0,746. Dari perolehan angka tersebut, iklim di Kota Batu termasuk ke dalam kelompok iklim D (sedang) (lihat Tabel 6) , yakni “Q” terletak di antara 0,600-1,000.

$$Q = \frac{(\text{jumlah rata-rata bulan-bulan kering})}{(\text{jumlah rata-rata bulan-bulan basah})} \times 100\%$$

$$Q = 44/59 \times 100\% = 74,6\% = 0,746$$

b. Menurut Oldeman :

Data Curah Hujan Tahun 1998 – 2008

Bulan	Tahun											Rata-rata
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Jan	390	480	375	405	660	255	375	405	270	127,5	360	372,95
Feb	390	285	285	150	270	480	480	375	375	285	151,5	320,59
Mar	435	360	390	450	450	405	420	210	105	135	361,5	338,32
Apr	360	315	285	750	675	450	540	255	315	330	342	419,73
Mei	600	405	330	870	165	570	330	150	210	60	58,5	340,77
Jun	465	735	120	435	495	180	150	285	45	75	51	276,00
Jul	735	210	105	270	105	390	225	165	450	0	0	241,36
Agst	315	0	345	945	0	255	75	90	180	45	84	212,18
Sept	615	120	375	780	90	390	525	150	30	52,5	64,05	290,14
Okt	375	450	165	480	90	960	255	435	150	240	222	347,45
Nov	360	555	405	540	0	330	375	150	210	315	424,65	333,15
Des	240	315	495	120	0	345	345	165	0	600	225	259,09
Bulan basah berturut-turut												12
Bulan kering berturut-turut												-

Sumber: Stasiun Leuwikuray, 2009.

Bulan basah berturut-turut = 12, bulan kering berturut-turut = 0, sehingga termasuk tipe curah hujan A (lihat Tabel 6).

## 6.5. Tanah dan Kesuburan Tanah

### 6.5.1 Pengertian dan fungsi

Tanah secara umum dapat diartikan sebagai lapisan kulit bumi terluar yang tersusun dari bahan mineral dan bahan organik serta proses pembentukannya dipengaruhi oleh bahan induk, iklim, bentuk wilayah, mikroorganisme dan proses terjadinya memerlukan waktu yang lama. Adapun pengertian tanah dipandang dari bidang pertanian adalah lapisan kulit bumi terluar yang berperan sebagai media tempat tumbuhnya tanaman. Fungsi tanah dilihat dari bidang pertanian adalah :

- Sebagai tempat berpegang dan bertumpu, untuk tegaknya tanaman.
- Memberikan unsur-unsur hara, melayaninya baik sebagai medium pertukaran ion (kation dan anion) maupun sebagai tempat persediaan hara.
- Memberikan air (H<sub>2</sub>O) dan oksigen (O<sub>2</sub>) serta melayaninya sebagai reservoir.

Untuk tujuan produksi tanaman, tanah harus dipandang sebagai suatu sistem yang saling menjalin dan berinteraksi antara : (1) mineral anorganik, (2) bahan organik, (3) organisme tanah, (4) udara tanah, dan (5) air tanah, sehingga dicapai suatu keseimbangan yang optimal bagi pertumbuhan tanaman.

### 6.5.2 Unsur hara tanaman

Hasil tanaman pada dasarnya akan ditentukan antara lain oleh unsur hara yang telah diserap oleh tanaman. Tanaman memerlukan sejumlah unsur hara dalam takaran cukup, seimbang dan sinambung untuk terus tumbuh dan berkembang selama proses daur hidupnya berlangsung. Unsur hara tanaman ini diambil dari atmosfer dan sistem tanah.

#### a. Batasan unsur hara esensial

- Kekurangan unsur tersebut menyebabkan tanaman tidak dapat meneruskan siklus hidupnya.
- Kekurangan unsur tersebut hanya dapat diperbaiki dengan memberikan unsur yang sama.
- Unsur tersebut secara struktural atau fungsional memegang peranan dalam proses hidup tanaman.

Ada  $\pm 16$  unsur hara esensial untuk pertumbuhan tanaman :

- 1) Unsur hara primer : C, H, O, N, S, P dan K.
- 2) Unsur hara sekunder : Ca dan Mg.
- 3) Unsur hara mikro : Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl, Mo.

Unsur-unsur tersebut diabsorpsi tanaman dalam bentuk anorganik yaitu  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{Mn}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{B}_3\text{O}_3^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{MoO}_4^{2-}$ .

Unsur-unsur tersebut diabsorpsi melalui akar tanaman dari larutan garam tanah sebagai kation-kation atau anion-anion kecuali  $\text{CO}_2$  yang diabsorpsi melalui udara.

#### b. Peranan dan fungsi unsur hara nitrogen, fosfor, dan kalium Peranan dan fungsi unsur hara nitrogen (N):

- 1) Penyusun/bahan dasar protein dan pembentuk klorofil.
- 2) Membuat bagian-bagian tanaan menjadi lebih hijau (banyak mengandung butir-butir hijau daun yang penting dalam proses fotosintesis).

- 3) Mempercepat pertumbuhan (menambah tinggi tanaman, ukuran daun, ukuran buah/biji, jumlah anakan).
- 4) Memperbaiki kualitas tanaman (menambah kadar protein pada buah/biji).
- 5) Menyediakan bahan makanan bagi mikrobio yang bekerja menghancurkan bahan-bahan organik di dalam tanah.

**Tabel 8. Gejala kekurangan unsur hara.**

Kekurangan Unsur Makro	Gejala
Kalsium (Ca)	Gejala permulaan biasanya ditandai dengan tidak sempurnanya bentuk daun-daun muda, disusul dengan matinya bagian-bagian ujung tanaman.
Besi (Fe)	Daun-daun muda berwarna hijau muda atau hampir putih, sedangkan daun-daun tua tetap hijau, karena unsur ini tidak mobil. Bagian yang menguning atau klorosis sangat jelas pada jaringan di antara tulang daun.
Magnesium (Mg)	Gejala pertama terlihat pada daun-daun bawah, mula-mula ujung daun menguning dan akhirnya gugur. Tulang daun berwarna hijau lebih lama daripada bagian antara tulang daun.
Nitrogen (N)	Daun atas berubah dari hijau menjadi kekuning-kuningan lalu coklat dan daun-daun bawah mati. Pada banyak spesies terlihat warna merah atau ungu sepanjang tulang daun.
Fosfor (P)	Tanaman kerdil, daun-daun berwarna hijau tua, biasanya daun berwarna merah atau ungu disebabkan terbentuknya antosianin. Bagian-bagian yang mati dijumpai pada daun, tangkai, dapat pula pada buah dan mengakitatkan sebagian buah gugur.
Kekurangan Unsur Mikro	Gejala
Kalium (K) Belerang (S) Mangan (Mn) Tembaga (Cu) Seng (Zn) Molibdenum (Mo)	Pertumbuhan terbatas, batang lemah, bercak-bercak kuning pada daun, dan akhirnya nekrosis pada ujung dan tepi daun; gejala umum adalah menguningnya daun. Pada stadia permulaan daun-daun muda menguning, akhirnya daun-daun tersebut menjadi hijau pucat. Daun-daun nekrosis dan gugur, ujung daun layu, tanaman akan tetap layu meskipun diberi air. Daun-daun menguning pada bagian ujung dan tepinya, bentuk daun tidak normal. Gejala kekurangannya menyerupai kekurangan N, karena unsur ini perlu untuk metabolisme N.

**Peranan dan fungsi unsur hara fosfor (P):**

- 1) Penyusun inti sel, dalam pembelahan sel serta perkembangan jaringan meristem.
- 2) Pembentukan karbohidrat, efisiensi mekanisme aktivitas kloroplas dan dalam metabolisme.
- 3) Merangsang pertumbuhan tanaman.

- 4) Merangsang pertumbuhan akar.
- 5) Mempercepat pemasakan sehingga mempercepat masa panen.
- 6) Memperbesar pembentukkan anakan dan gabah (padi).

Peranan dan fungsi unsur hara Kalium (K):

- 1) Memperbesar vigor dan ketahanan terhadap hama penyakit.
- 2) Membantu pembentukkan protein dalam tanaman.
- 3) Memperkuat batang tanaman.
- 4) Membantu pembentukkan karbohidrat.
- 5) Membantu pertumbuhan akar.
- 6) Sebagai katalisator dalam transfortasi tepung gula dan lemak dalam tanaman.
- 7) Meningkatkan kualitas tanaman.

c. Serapan unsur hara tanaman

Pergerakan unsur hara ke permukaan akar terjadi melalui tiga cara. Pertama melalui mekanisme intersepsi (penyergapan) akar yaitu pertukaran langsung antara hara dengan akar. Dengan demikian semakin banyak akar yang bersentuhan dengan hara semakin banyak hara yang dapat diserap akar. Mekanisme kedua yaitu aliran massa, yang dalam hal ini air akan bergerak ke akar tanaman akibat transpirasi. Pada saat yang bersamaan ikut terangkut bersama-sama ion yang larut dari daerah yang jauh ke daerah yang terjangkau akar. Mekanisme ketiga terjadi sebagai akibat selisih konsentrasi yang terjadi di sekitar akar. Selanjutnya hara disekitarnya akan berdifusi ke daerah ini. Difusi akan berlangsung melalui selaput air yang ada, oleh karena itu kecepatan berdifusi akan sangat tergantung kepada kadar air dalam tanah. Dan ketiga mekanisme tersebut akhirnya unsur hara ini bersinggungan dengan permukaan adsorpsi akar.

d. Gejala kekurangan unsur hara

Tanaman untuk hidupnya memerlukan bermacam-macam unsur hara, baik unsur hara makro maupun unsur hara mikro. Kalau tanaman kekurangan unsur hara, maka akan memperlihatkan gejala kekurangan unsur tersebut. Mengenai gejala kekurangan ini dapat dilihat pada Tabel 8 di atas.

### 6.5.3 Kesuburan tanah

Kesuburan tanah meliputi tiga aspek, yaitu : kesuburan fisik, kesuburan kimia dan kesuburan biologi. Ketiga aspek ini satu sama lain saling berkaitan erat dalam menentukan tingkat kesuburan tanah. Kesuburan tanah yang maksimai belum tercapai apabila salah satu dari ketiga aspek tersebut memiliki sifat yang jelek atau rendah. Sebab itu dalam upaya memperoleh hasil yang optimal dari suatu komoditas tanaman, peningkatan kesuburan tanah harus ditujukan pada peningkatan ketiga aspek tersebut, artinya tanah tersebut mempunyai sifat fisik sampai sangat baik, sifat kimia yang tinggi sampai sangat tinggi dan sifat biologi yang tinggi sampai sangat tinggi. Dengan demikian pengertian kesuburan tanah adalah suatu keadaan tanah dimana tata air, tata udara dan unsur hara dalam keadaan cukup, seimbang serta tersedia sesuai dengan tuntutan kebutuhan tanaman untuk dapat tumbuh secara optimal. Tabel 9 adalah contoh hasil analisis tanah dari Kebun Percobaan Ciparanje Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran Jatinangor yang menunjukkan tingkat tiga aspek kesuburan tanah.

Usaha-usaha perbaikan dalam upaya meningkatkan kesuburan tanah adalah :

- a. Pengolahan tanah yang dapat memperbaiki sifat-sifat tanah. Dikenal tiga sistem pengolahan tanah, yaitu : zero tillage, minimum tillage dan maximum tillage.
- b. Pemupukan dengan pupuk alam atau pupuk organik, yang dapat memperbaiki baik sifat fisik, kimia maupun biologi tanah. Berbagai pupuk alam atau pupuk organik diantaranya yaitu pupuk kandang, pupuk hijau, kompos, pupuk kascing, pupuk bokashi, cill.
- c. Pemupukan dengan pupuk buatan, terutama untuk memperbaiki sifat kimia tanah. Pupuk buatan yang sering digunakan untuk meningkatkan kesuburan tanah, seperti Urea, SP-36 dan KCl.
- d. Pengapuran dan pemberian bahan-bahan mineral seperti zeolit, dimana baik secara langsung maupun tidal (langsung dapat memperbaiki sifat-sifat kimia maupun sifat fisik tanah.
- e. Penanaman tanaman yang dapat menyuburkan tanah, seperti Leguminosa. Dengan tanaman legum kandungan unsur N di dalam tanah menjadi meningkat.

## **6.6. Bahan Organik Tanah**

### **6.6.1 Pengertian bahan organik tanah**

Bahan organik tanah dapat didefinisikan sebagai bahan yang berasal dari sisa tumbuh-tumbuhan dan hewan (termasuk kotorannya) yang berada di dalam tanah tanpa mempermasalahakan derajat pelapukannya. Jadi yang termasuk bahan organik tanah ini adalah humus, sisa tumbuhan dan hewan yang belum dan yang sedang melapuk, kotoran hewan dan bahan organik lainnya yang dimasukkan ke dalam tanah (kompos, pupuk hijau, pupuk kandang d11). Penggunaan bahan organik disarankan :

- a. Untuk mempertahankan keseimbangan tanah, akibat dari penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan dan dalam jangka waktu yang panjang yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap neraca hara, sifat fisik dan biologi tanah.
- b. Sebagai sumber penambah hara, baik unsur makro maupun unsur mikro.
- c. Memperbaiki struktur tanah.
- d. Mengaktifkan kehidupan mikroorganisme tanah.

Penggunaan bahan organik sebagai pupuk suplemen dipandang sebagai alternatif pemecahan masalah yang menyangkut kesuburan tanah baik fisik, kimia maupun biologi. Di dalam tanah bahan organik bercampur secara erat sekali dengan komponen mineral (anorganik) tanah.

### **6.6.2 Komponen-komponen penyusun bahan organik tanah**

Bahan organik tanah terdiri dan berbagai komponen yang dapat dibagi kedalam sepuluh kelompok (Waksman dan Starkey dalam Gunawan Satari) :

#### **a. Karbohidrat**

- Monosakarida. Merupakan senyawa-senyawa dengan dua atau lebih atom karbon, tipe yang paling umum adalah :
  - a) Senyawa dengan enam atom karbon (hexosa). Contoh : gula sederhana, glukosa, fruktosa dsb.
  - b) Senyawa dengan lima atom karbon (pentsa) Contoh : arabinosa, xylosa.
- Oligosakarida. Merupakan senyawa senyawa yang dibentuk dengan bergabungnya dua atau lebih gula disertai eliminasi satu molekul air

(disalcharida). Tipe yang paling umum dari disakarida adalah sukrosa dan maltosa. Raffinosa adalah contoh dari trisakarida, terdiri dari tiga monosakarida dengan eliminasi dua molekul air.

- Polisakarida. Merupakan senyawa-senyawa terdiri dari sejumlah monosakarida atau asam-asam uronik yang bersatu dengan eliminasi dua molekul air.
- b. Lignin. Senyawa ini merupakan polimer yang kompleks dari sebuah derivat phenypropan, berisi sebuah cincin benzena, beberapa metoksil (OCRs), beberapa hidroksil dan sebuah aldehida (CHO).
- c. Tanin. Senyawa ini kompleks, terdiri dari kelompok-kelompok fenol .
- d. Glikosida. Senyawa ini terdiri dari gula, umumnya glukosa, dengan sebuah kelompok non gula seperti alkohol, fenol dan aldehidnya. Umumnya senyawa ini terdapat dalam buah-buahan, kayu dan akar.
- e. Asam organik, garam dan ester. Beberapa asam organik yang sering dijumpai dalam tanaman adalah asam-asam oksalik, sistrik, malik, suksinik dan tartanik.
- f. Lemak, minyak dan senyawa yang sejenis Lemak dan minyak yang tidak menguap.
- g. Resin
- h. Senyawa-senyawa nitrogen
  - Protein. Merupakan senyawa yang kompleks dan dapat dibagi dalam beberapa kelompok. Protein yang sederhana terdiri dari asam-asam amino.
  - Asam amino, asam organik yang mengandung sebuah kelompok  $\text{NH}_2$ .
  - Amina, basa organik.
  - Alkaloid.
  - Purin, Pirimidin.
  - Asam nukleik.
- i. Pigmen
  - Klorofil
  - Karotenoid
  - Antosianin
  - Antoksin
- j. Komponen mineral

- Kation, terutama Ca, Mg, K dan Fe.
- Anion, sebagian besar fosfat, klorida, sulfat dan silikat.

Gambaran mengenai kandungan unsur-unsur hara dari macammacam pupuk organik dibandingkan dengan pupuk-pupuk buatan, dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10. Kadar zat-zat hara dari macam-macam pupuk organik**

Macam pupuk organik	Zat-zat hara dalam 10 ton bahan (kg)			Sama nilainya dengan (kg)		
	N	P205	K20	Urea	D.S.	KCI
Pupuk kandang	24	30	27	52	83	51
Crota la ria	48	6	44	104	17	83
Eupatorium pallescens (Kirinyu)	30	9	54	65	25	102
Titonia diversifolia	40	9	48	87	25	91
Kompos jerami + air	22	4	43	48	11	81
Kompos jerami + pupuk kan- dang	31	17	47	67	47	89
Kompos jerami + kalsium (kapur) + N	28	28	49	61	14	92
Kompos sampah kota	40	40	50	10	75	100

Fraksi bahan organik yang tertinggal karena suluk melapuk disebut humus. Humus merupakan fraksi koloid organik yang peranannya sangat penting dalam meningkatkan kesuburan tanah. Sifat-sifat fisik humus yang saling berperan terhadap sifat tanah adalah :

- struktur,
- bobot volume,
- sifat-sifat adhesi dan kohesi,
- days menahan air,
- sifat mengkerut dan hilangnya air,
- koagulasi oleh elektrolit tertentu.

Struktur humus bervariasi, antara lain tergantung dan bahan asal yang membentuknya dan derajat pelapukan, tetapi humus selalu mempunyai sifat yang *porous*. Bobot per satuan volume humus rendah dibandingkan dengan mineral tanah, demikian pula dengan adhesi dan kohesi rendah dibandingkan dengan koloid mineral. Namun demikian tenaga-tenaga tersebut mempengaruhi struktur tanah apabila kandungan humus cukup besar.

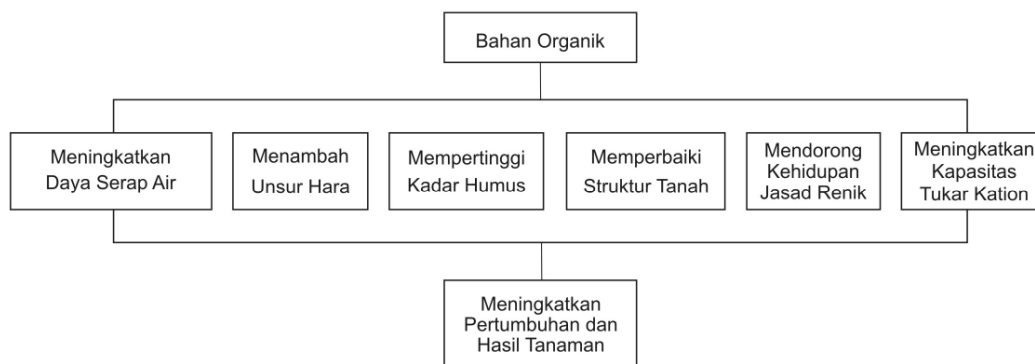
Humus mampu mengabsorpsi sejumlah besar air, sifat baik ini disebabkan oleh sifat kimia dari komponen humus, terutama selulosa dan

hemiselulosa. Besarnya kemampuan humus untuk mengabsorpsi air tidak sama, ditentukan oleh bahan asal yang membentuknya. Hal ini telah dibuktikan oleh hasil studi berbagai tipe gambut. Fraksi organik dalam tanah mineral mempunyai kemampuan untuk mengabsorpsi air empat sampai enam kali bobotnya. Kandungan bahan organik dalam kebanyakan tanah mineral sangat kecil, sehingga jumlah air yang diabsorpsi praktis tidak mempunyai pengaruh terhadap kandungan air dalam mineral tanah.

Humus mengembang setelah mengabsorpsi air dan mengerut kembali setelah kering. Perubahan volume humus oleh air merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap struktur tanah. Pengaruh ini nyata jika kandungan organik dalam tanah cukup besar.

### 6.6.3 Peranan bahan organik tanah

Peranan bahan organik di dalam meningkatkan kesuburan tanah dan produksi tanaman dapat dilihat pada Gambar 15.



**Gambar 15. Hubungan antara bahan organik, kesuburan tanah dan produksi tanaman.**

Bahan organik tanah merupakan sumber nutrisi dan energi bagi mikroorganisme tanah seperti bakteri heterothropik, fungi, actinomyces, protozoa, nematoda dan cacing. Jumlah mikroorganisme di dalam tanah ditentukan oleh tersedianya bahan organik yang dapat mudah melapuk. Akibat proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme, senyawasenyawa yang tadinya berada dalam bentuk yang kompleks dan dalam bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman berubah menjadi hara tanaman yang tersedia

seperti fosfor dan sulfat. Proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme biasa disebut proses mineralisasi. Proses mineralisasi ini meningkatkan kesuburan tanah dan berlangsung sampai tidak ada lagi bahan organik yang dapat melapuk.

Bakteri-bakteri yang berada di dalam tanah mengeksresikan lendir-lendir, biasanya senyawa polisakarida, demikian pula fungi yang membentuk miselium, lendir-lendir bakteri dan miselium dari fungi ini mengikat partikel-partikel tanah, sehingga memperbaiki struktur tanah. Partikel-partikel tanah yang diikat ini menjadi agregat tanah yang lebih besar. Adanya agregat tanah membuat tanah menjadi remah. Aerasi tanah bertambah dengan lubang-lubang yang dibuat oleh cacing dalam mencari makannya.

Sebagai koloid organik, humus cenderung membungkus partikel-partikel tanah. Pembungkus koloid organik ini mempunyai pengaruh yang besar terhadap koagulasi fraksi liat oleh elektrolit. Besarnya pengaruh ini tidak sama, ditentukan oleh pH. Tetapi secara umum dapat dikatakan bahwa koloid-koloid organik menyebabkan pembentukan agregat-agregat tanah, sehingga struktur tanah menjadi lebih baik.

Humus mempunyai kemampuan yang tinggi untuk mengabsorpsi kation dan menukarkannya dengan garam-garam yang terdapat dalam larutan tanah. Kation-kation yang dilepas ini merupakan sumber zat hara bagi tanaman. Besarnya kemampuan untuk mengabsorpsi dan menukarkan kation dinyatakan sebagai nilai tukar kation (NTK). Nilai tukar kation dari humus sekitar empat sampai tujuh kali daripada koloid mineral. Nilai tukar kation humus tidak sama, tergantung dari bahan asal. Nilai tukar kation tanah besarnya ditentukan oleh nilai tukar kation humus dan oleh nilai tukar kation fraksi koloid mineral. Biasanya nilai tukar kation tanah yang tinggi menunjukkan cadangan kation yang tinggi. Tabel 11 berikut memperlihatkan nilai tukar kation humus asal jerami, sisa tanaman jagung dan alfalfa.

**Tabel 11. NTK dari humus asal jerami, sisa tanaman jagung dan alfalfa.**

Asal Humus	NTK (m.e/100 gram)
Jerami	344
Sisa tanam jagung	262
Alfalfa	291

#### **6.6.4 Peningkatan kandungan bahan organik tanah**

Di Indonesia terdapat sekitar 16 juta hektar areal pertanian, 10 juta hektar diantaranya merupakan lahan kering. Produktivitas areal pertanian dapat ditingkatkan dengan menambahkan bahan organik secukupnya ke dalam tanah.

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan dalam upaya meningkatkan kandungan bahan organik tanah.

- a. Pemberian pupuk kandang.
- b. Pemupukan dengan pupuk hayati.
- c. Pemberian kompos.
- d. Pengaturan pola tanam dengan mengusahakan sebanyak-banyaknya limbah pertanian tersisa di dalam tanah.
- e. Penutupan tanah dengan vegetasi yang sifatnya menyuburkan tanah dalam kurun waktu yang cukup lama.
- f. Kombinasi dari dua atau lebih cara tersebut di atas.

Dengan populasi ternak yang ada (sapi, kerbau, kambing, biri-biri, kuda, ayam dan babi) sebenarnya sudah cukup untuk memberikan pupuk kandang bagi areal pertanian yang ada, tetapi karena penyebaran populasi ternak di daerah pertanian yang tidak merata dan cara pemeliharaan ternak yang umumnya tidak selalu dikandangkan merupakan sebab utama sulitnya penggunaan kotoran ternak sebagai pupuk kandang.

Pembuatan kompos merupakan cara yang paling baik dalam pemanfaatan material kotoran atau sampah. Fungsi kompos sebagai pupuk adalah sebagai penambah unsur-unsur hara dan memperbaiki struktur tanah. Bahan-bahan sampah untuk kompos dapat berupa jerami, serasah pohon-pohonan, daun-daun pisang, sisa-sisa rerumputan, kotoran rumah atau limbah pabrik.

Selama semua tanaman dalam suatu pola tanam diambil hasil biji atau buahnya serta limbahnya diangkut keluar, maka tidak dapat diharapkan terjadi akumulasi bahan organik dalam tanah. Dalam pola tanam berganda harus dapat digunakan tanaman yang berbeda dalam perakarannya, dan sebaiknya digunakan jenis tanaman dari keluarga leguminosae. Akumulasi humus dengan jalan pengaturan pola tanam tidak dapat diharapkan banyak.

Penggunaan tanaman sebagai penutup tanah dalam kurun waktu yang

cukup lama, disamping menekan pertumbuhan gulma, juga menyebabkan akumulasi bahan organik di dalam tanah. Tanaman penutup tanah ini lazim dipakai di antara tanaman tahunan seperti kelapa sawit, karet dan lain sebagainya. Sedangkan tanaman yang digunakan sebagai penutup tanah biasanya dari golongan leguminosae, karena dapat memperkaya tanah dengan nitrogen oleh adanya fiksasi nitrogen oleh bakteri *Rhizobium*.

Praktek lain pertanian organik adalah penggunaan pupuk hayati yaitu pupuk yang aktivitas perbaikannya berasal dari kandungan jasad renik aktif. Berbagai bentuk pupuk hayati yang banyak digunakan antara lain bakteri *Rhizobium*, pupuk hayati N selain *Azotobacter*. Penggunaan tumbuhan paku-pakuan *Azolla* yang hidup mengapung di permukaan air merupakan salah satu contoh pupuk hayati yang dapat memenuhi kebutuhan N untuk tanaman padi. Pupuk hayati P adalah jasad renik pelarut fosfat (*Pseudomonas*, *Bacillus*, *Aspergillus*, d11) termasuk juga penggunaan inokulum mikoriza. Efektive Mikroorganism 4 (EM4) yang penggunaannya telah mulai dimasyarakatkan dapat kita masukan sebagai pupuk hayati karena EM4 mampu mempertahankan dan meningkatkan kesuburan tanah. Kompos yang menggunakan bahan dasar bermacam-macam dan dibuat dengan memanfaatkan peranan cacing tanah (Vermicompost) juga termasuk dalam pupuk hayati karena dapat meningkatkan kadar N tersedia akan dalam tanah.

## Faktor Lingkungan Tumbuh Tanaman

## Bab 7

---

# Ekosistem Lahan Pertanian

Lahan pertanian yang mungkin dikembangkan di Indonesia meliputi beberapa ekosistem, yang pada umumnya dapat dibedakan berupa lahan kering dan lahan basah. Lahan kering adalah lahan pertanian dimana kondisi tata air tanahnya selama 6 bulan atau lebih di bawah kapasitas lapang, sedangkan lahan basah selama 6 bulan atau lebih kondisi tata air tanahnya di atas kapasitas lapang.

### 7.1. Pertanian Lahan Kering

Lahan kering merupakan areal pertanian yang terluas. Menurut Satari, dkk. (1977) lahan kering berdasarkan kemiringan (topografi) dapat digolongkan menjadi 4 macam yaitu lahan datar (0 - 3 %), lahan bergelombang (3 - 8 %), berbukit (8 - 15 %), dan bergunung (> 15 %). total semua lahan kering di Indonesia meliputi luas 124.000.000 ha.

Lahan pertanian datar pada tingkat kemiringan 0 - 3 %, meliputi luas 14,5 juta ha, petensial untuk pengembangan budidaya tanaman pangan, jika persyaratan-persyaratan bagi pertumbuhan tanaman yang bersangkutan dipenuhi.

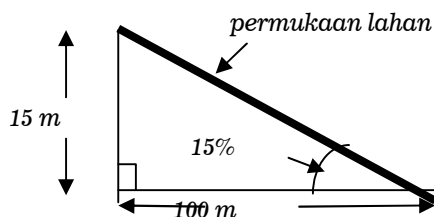
Lahan bergelombang, pada tingkat kemiringan 3 - 8 %, potensial dikembangkan untuk budidaya tanaman pangan, peternakan, usahatani campuran baik antara tanaman pangan dengan perkebunan, maupun peternakan, dengan memperhatikan prinsip-prinsip konversi lahan, meliputi luas kurang lebih 10.000.000 ha.

Lahan perbukitan, pada tingkat kemiringan 8 - 15 %, diperuntukkan bagi budidaya tanaman tahunan, perkebunan dan tanaman keras. Memungkinkan untuk usahatani tanaman pangan atau peternakan dengan menanggulangi kendala yang ada dan memperhatikan pencegahan erosi.

Lahan pegunungan, pada tingkat kemiringan lebih dari 15 % diperuntukkan untuk kehutanan yang berupa hutan produksi, hutan lindung, luasnya kurang lebih 93 juta ha.

Dari sekitar 34 juta ha lahan kering pada kemiringan 0 - 15 %, kurang lebih 20 juta ha didominasi oleh tanah podzolik merah kuning, disebut juga ultisol atau inceptisol. Tanah tersebut kurang menguntungkan bagi pertanian tanaman pangan, antara lain: (1) bereaksi asam (pH rendah), (2) kadar unsur hara rendah, (3) kapasitas pertukaran kation rendah, (4) daya simpan air rendah, (5) struktur dan tekstur tanah tidak stabil sehingga mudah tererosi.

Jadi untuk satuan kemiringan suatu lahan adalah persen (%), sebagai contoh pada gambar di bawah ini, kemiringan lahan 15%.



Gambar 16. Mengukur kemiringan suatu lahan.

Perhitungannya sebagai berikut :

Kemiringan lahan =  $\frac{15 \text{ m}}{100 \text{ m}} \times 100 \% = 15\%$ ; jadi sudut kemiringan lahan merupakan tg (tangen) dari suatu segitiga siku-siku.

Berdasarkan kelas kemampuan lahan, jenis tanah itu termasuk kelas IV dan V, yang berarti lahan marginal dan sub marginal untuk budidaya tanaman pangan tadah hujan, sehingga memerlukan perhatian dan konservasi khusus.

Tindakan budidaya di lahan ini adalah: (1) perlu upaya untuk menjaga dan meningkatkan kadar bahan organik, (2) upaya mengurangi kadar keasaman lahan, yaitu dengan pengapuran, (3) upaya peningkatan kesuburan tanah.

Selain itu perlu dipertimbangkan pula data klimatologi di lahan setempat terutama data curah hujan dan distribusi hujan.

Pemilihan jenis tanaman pangan yang diusahakan tergantung dari tiga faktor penentu, yaitu :

- a. Kecocokan ekologis.
- b. Efisien dalam pendayagunaan energi surya dinyatakan dalam produksi kalori atau protein per ha atau per satuan waktu.
- c. Imbalan ekonomi yang memadai bagi petani.

Di Indonesia secara garis besarnya dikenal sistem pertanian berpindah-pindah dan menetap. Sistem pertanian berpindah-pindah merupakan usahatani primitif yang biasanya dilakukan di lahan-lahan tertutup hutan. Kegiatan diawali dengan menebang pepohonan dan menebas semak belukar kemudian dibakar sehingga siap tanam tanpa pengolahan tanah. Lahan diusahakan beberapa kali sehingga kesuburan tanah cepat meresap dan hasil tanaman tidak memuaskan lagi, sehingga petani berpindah tempat. Demikian selanjutnya mereka berpindah dan berpindah tempat lagi. Sistem ini memiliki banyak kelemahan, karena :

- 1) Merusak hutan. Hutan sebagai sumber air dan zat hara habis dibabat dan dibakar sehingga lahan menjadi tidak subur bahkan rusak.
- 2) Alang-alang makin banyak tumbuh.
- 3) Lingkungan menjadi rusak karena biasanya tanaman tidak dipelihara.
- 4) Hutan mengalami kekeringan baik di daerah hulu dan hilir.
- 5) Tanah menjadi rusak.

Sistem pertanian berpindah-pindah dapat dilakukan secara berkelanjutan di daerah-daerah yang kepadatan penduduknya rendah sehingga memungkinkan masa bera yang panjang, namun, praktek ini akan mengakibatkan erosi, menurunnya kesuburan tanah dan merosotnya hasil panen. Di daerah-daerah yang pertumbuhan penduduknya pesat yang menuntut petani mempersingkat masa bera.

Sistem pertanian menetap dapat digolongkan menjadi 2 (dua) golongan berdasarkan keadaan air, yaitu (1) pertanian di lahan kering, dan (2) pertanian di lahan basah.

Daerah-daerah lahan kering di Indonesia berada di dataran tinggi dan dataran rendah, dimana kondisinya berbeda satu sama lainnya. Daerah-daerah dataran tinggi keadaannya berbukit-bukit atau bergunung, dengan lereng yang miring disertai tanah yang tandus. Walaupun di daerah-daerah

tersebut yang sering dijumpai adalah lahan kering, tetapi di daerah-daerah yang topografinya memungkinkan diterapkannya irigasi dapat pula ditemukan daerah-daerah persawahan.

Sifat utama yang menjadi ciri khas wilayah dataran tinggi, yaitu :

- 1) Keanekaragaman topografi, jenis tanah, kesuburan tanah, iklim mikro dan vegetasi.
- 2) Lereng yang curam dan jurang yang dalam akan menyulitkan usaha pertanian, transportasi, komunikasi, dan pengembangan prasarana.
- 3) Sistem usahatani yang rumit dengan berbagai jenis kultivar tanaman yang diusahakan.
- 4) Berkurangnya hutan terjadi dengan cepat karena penebangan kayu dan pembukaan hutan untuk lahan pertanian.
- 5) Eksploitasi yang berlebihan dan terkurasnya sumberdaya akan mengakibatkan sistem produksi yang tidak lestari.
- 6) Perladangan berpindah-pindah dapat dilakukan secara berkelanjutan untuk daerah-daerah yang kepadatan penduduknya rendah sehingga memungkinkan masa bera yang panjang, tetapi, praktek ini akan mengakibatkan erosi, menurunnya kesuburan tanah dan merosotnya hasil panen di daerah-daerah yang pesat pertumbuhan penduduknya yang menuntut petani untuk mempersingkat masa bera.
- 7) Tata guna, lahan berubah dari hutan ke lahan pertanian, dan dari lahan pertanian menjadi lahan pemukiman.

Berdasarkan simposium peningkatan peran dan fungsi lahan kering dan pengolahan secara terpadu di Yogyakarta tahun 1988, potensi lahan kering di Indonesia meliputi areal seluas 208,9 juta ha, terdiri dari lahan kehutanan  $\pm$  143 juta ha, serta pertanian dan transmigrasi yang belum dimanfaatkan seluas 28,8 juta ha.

Dalam Repelita V, kebijaksanaan pengembangan wilayah khususnya diarahkan pada daerah Indonesia bagian timur, dimana lahan pertaniannya didominasi oleh lahan kering yang umumnya marjinal atau kritis, berbukit-bukit dan beriklim kering serta prasarana dan perhubungan sulit. Di daerah ini memiliki pH tanah tinggi  $\pm$  7,0, karena hari dan jumlah curah hujannya kurang untuk menanam lebih dari dua kali tanaman pangan. Di daerah

seperti Madura, Lombok Timur, Sulawesi Tenggara dan Nusa Tenggara Barat faktor pembatas dalam usaha pertanian adalah air.

Lahan kering di Sumatera, Kalimantan dan Papua umumnya memiliki jenis tanah padosolik merah kuning dengan pH rendah, kandungan Kara rendah, topografi rendah, lapisan olah tipis, dan peka erosi dengan curah hujan lebih dari 2000 mm/tahun serta tidak mengalami musim kemarau yang jelas (Mulyadi 1997), sedangkan lahan kering daerah hulu aliran sungai di Jawa memiliki jenis tanah yang berbeda-beda, antara lain tanah Podsolik, Laterit, Regosol (tanah berpasir), Andosol, Mediteran, dan tanah-tanah kapur. Tipe iklimnya pun berbeda-beda dari yang beriklim basah sampai yang beriklim kering yang menjadi masalah di daerah ini adalah kepadatan penduduk yang tinggi.

Pada kongres Agronomi I tahun 1977, Mulyadi mengemukakan bahwa lahan kering berlereng kurang dari 15% merupakan lahan berpotensi untuk mengembangkan pertanian, dengan areal yang tersebar di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua meliputi 34,6 juta ha seperti terlihat pada Tabel 12.

**Tabel 12. Luas lahan kering berdasarkan kemiringan lereng kurang dari 15% di Sumatera, Kalimantan, Papua\*, dan Sulawesi.**

Pulau	Dataran 3 %	Datar Berombak 3 -8%	Berombak berbukit 8-15%	Jumlah
Sumatera	8.491,00	4.102,00	1.844,00	14.437,00
Kalimantan	3.693,00	4.779,00	3.308,00	11.780,00
Papua*	3.606,25	1.287,00	843,75	5.737,50
Sulawesi	955,00	806,00	927,00	2.688,00
Jumlah	16.745,00	10.974,50	6.922,00	34.642,50

\*dahulu Irian Jaya

Sumber : Mulyadi, 1977.

Lahan terdiri dari jenis-jenis tanah Podsolik, Aluvial, Latosol, Lateritik, Regosol, Renzina, *Grey Brown*. Forest Soil, Mediteran dan kompleks macam-macam tanah. Jenis tanah yang mendominasi yaitu Padosolik seluas 20,9 juta ha (60,3%), Aluvial 4,9 juta ha (14,1%), Latosol 3,2 juta ha (9,1%) dan Podsol 2,7 juta ha atau 7,8% dari jumlah potensi lahan kering, dan sisanya 0,7% terdiri dari 11 jenis tanah lainnya.

Dari luas lahan 34,5 juta ha tersebut, terdapat lahan yang terdiri dari jenis-jenis tanah yang kurang potensial seluas 5,676 juta (16,4%), maka lahan yang cukup potensial untuk pertanian seluas 28,966 juta ha (83,6%)

Masalah yang dihadapi pada lahan kering baik yang sedang diusahakan maupun dalam usaha perluasan lahan pertanian antara lain:

- 1) Ketersediaan air, pada umumnya jumlah curah hujan tidak memadai dan distribusinya tidak merata.
- 2) Kondisi lahan, umumnya merupakan lahan yang bermasalah/ marjinal, topografi berbukit-bukit sehingga peka erosi dan produktivitasnya rendah. Jenis tanah Podsolik Merah Kuning yang mendominasi lahan kering mempunyai ciri-ciri sebagai berikut : (a) bereaksi masam, (b) miskin unsur hara dan bahan organik, (c) KTK sangat rendah, (d) kadar Al dan Mn tinggi yang dapat meracuni tanaman, (e) pori-pori tanah rendah terutama pada lapisan bawah, sehingga tanahnya memadat sehingga infiltrasi air lambat dan mengakibatkan erosi permukaan tinggi. Dengan kata lain di lahan ini telah terjadi degradasi sumber daya alam
- 3) Keterbatasan keterampilan teknis para petani
- 4) Sarana dan prasarana pelayanan umumnya masih kurang memadai. Jaringan jalan dan komunikasi yang terbatas, karena lokasinya terpencar, terpencil sehingga pelayanan sarana produksi dan informasi menjadi sulit dan harga sarana produksi pertanian menjadi mahal. Keadaan ini sangat mempengaruhi pemasaran hasil-hasil pertanian.
- 5) Kelembagaan pemerintah masih terbatas, jumlah koperasi dan kelompok tani belum semantap seperti di lahan sawah. Pelayanan ekonomi oleh koperasi maupun pihak swasta masih sulit pelaksanaannya, karena pendapatan petaninya rendah atau relatif miskin, tersebar, terpencar dan jaringan jalan masih terbatas.
- 6) Kelangkaan dan belum sempurnanya teknologi pengelolaan lahan kering, misalnya kultivar-kultivar yang adaptif, pewilayahan pengembangan, teknologi masukan rendah, dan pendanaan upaya konservasi.
- 7) Kurangnya penghayatan teknologi pengelolaan lahan kering secara terpadu oleh para penyuluh lapangan sebagai akibat dari kurangnya informasi dan penerapan teknologi yang tersedia, serta tidak jelasnya siapa penanggungjawabnya.

Bahaya erosi banyak terjadi di lahan-lahan kering terutama yang memiliki kemiringan lereng sekitar 15% atau lebih. Erosi ini timbul karena pengelolaan tanah dan air yang keliru dan sistem pertanian berpindah-pindah setiap tahunnya, mengakibatkan, penurunan produktivitas tanah terutama di daerah-daerah yang curah hujannya melebihi 1500 mm per tahun. Bagan alur di bawah ini memperlihatkan dampak negatif erosi tanah pada (dan dipengaruhi oleh) masalah-masalah lainnya.

Sebagai contoh sejauh mana besarnya erosi yang mungkin terjadi oleh adanya penanaman tanaman pangan semusim di lahan kering yang miring (Tabel 13). Laju yang dapat ditoleransikan diperkirakan 5-15 ton/ha/tahun, tergantung kedalaman tanahnya, dimana makin dalam suatu tanah makin besar laju erosi yang dapat ditoleransikan. Akan tetapi, penerapan teknik-teknik konservasi yang sesuai dengan keadaan lahan yang bersangkutan, dapat memperkecil erosi sampai di bawah tingkatan yang masih dapat ditoleransikan.

**Tabel 13. Besarnya erosi pada berbagai perlakuan.**

Perlakuan	Erosi tanah*	
	ton/ha/th	mm/th
Lahan tanpa vegetasi (gundul)	98-482	9,8-48,2
Lahan ditanami tanaman pangan semusim :		
tanpa konservasi tanah	46-357	4,6-35,1
dengan mulsa	39-101	3,9-10,1
dengan teras gulud	3-10	0,3-1,0
dengan teras bangku	2-5	0,2-0,5
dengan budidaya lorong	0,1-13	0,01-1,3

Sumber : Sukmana (1995 dikutip oleh Proyek Pengembangan Penyuluhan Kehutanan 1998)

Keterangan: \*) kemiringan : 3-25%

## 7.2. Pertanian Lahan Basah

Ekosistem lahan basah adalah berupa rawa, terdapat sedikit di Jawa, dan banyak terdapat di Kalimantan Tengah dan Barat. Luasnya belum diinventarisir secara pasti. Ekosistem yang terluas adalah berupa rawa pasang surut, terletak di sepanjang pantai sampai jauh ke pedalaman, di Pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua. Sistem pengairan areal ini secara langsung atau tidak langsung dipenuhi oleh gerakan pasang

surutnya air laut. Pada waktu pasang, air laut masuk ke sungai menggenangi dan membanjiri daerah sekitarnya. Pada waktu surut air tidak kembali seluruhnya sehingga terjadi rawa-rawa.

Kendala lahan ini adalah pH tanah terlalu asam, sehingga bisadengan kondisi lahan basah. Potensi hasil di lahan gambut untuk jagung 4,47 ton, kedelai 3 ton, bawang merah 7,6 ton (Sarwono, 1990).

Lahan basah lainnya adalah berupa lahan lebak. Lebak yaitu daerah yang rendah dengan topografi lembah di sekitar tanggul sungai yang besar. Pada musim hujan terendam air dan pada musim kemarau berangsurangsur surut dan akhirnya kering. Kondisi ini dapat diatasi dengan sistem pompa atau polder. Budidaya tanaman yang mungkin dikembangkan adalah komoditas tanaman padi, palawija, hortikultura dan tanaman keras.

Lahan basah yang dapat dibuat di suatu tempat adalah sistem sawah. Sawah adalah lahan pertanian yang berpetak-petak yang dibatasi oleh galengan sebagai tanggul untuk menahan air sehingga terdapat kondisi berlumpur.

Pada tahun 1996 pemerintah membuka lahan sawah seluas 1.000 ha, di lahan gambut di Propinsi Kalimantan Tengah, dikenal sebagai "mega proyek". Kebijakan ini adalah untuk menjamin swa sembeda beras dan mengganti lahan sawah di Jawa, yang banyak beralih fungsi menjadi pemukiman, jalan, industri dan sarana olah raga. Kebijakan ini dibatalkan seiring dengan bergulirnya era reformasi di tahun 1997/1998 dan terjadinya krisis ekonomi yang melanda Indonesia.

Macam-macam sawah adalah tergantung dari sumber pengairannya. Sawah tadah hujan sumber airnya adalah air hujan. Sawah pengairan teknis, sumber airnya adalah dari sungai yang besar, danau, mata air atau waduk yang dibuat bendungan dialirkan ke sawah-sawah melalui saluran primer, sekunder dan tersier.

Areal sawah lainnya berupa areal gogo rancah, yaitu penanaman padi gogo di lahan sawah tadah hujan. Fase pertumbuhan padi gogo pada musim hujan digenangi seperti padi sawah dengan membuat galengan di petakan padi gogo tersebut. Areal padi gogo rancah (gora) sudah dikembangkan di Indonesia Timur antara lain di Nusa Tenggara Barat (NTB) dan Nusa Tenggara Timur (NTT).

Para petani umumnya memanfaatkan lahan basah dengan tanaman padi

sawah dan palawija, kadang-kadang dijumpai pula tanaman tumpangsari padi dengan ikan (mina padi) serta tambak/kolam.

Sistem sawah, merupakan teknik budidaya yang telah maju dibandingkan dengan sistem ladang, terutama dalam pengolahan tanah dan pengelolaan air sehingga tercapai stabilitas biologi yang tinggi dan dapat mempertahankan tingkat kesuburan tanah.

Tanah sawah berbeda dengan tanah pertanian lahan kering, dan sebagai akibat adanya genangan air, tanah sawah terdiri atas dua lapisan, yaitu lapisan oksidatif dan lapisan reduktif. Lapisan oksidatif adalah lapisan tanah lumpur setebal beberapa mm berbatasan langsung dengan air yang menggenangnya. Dalam lapisan ini yang hidup adalah nitrat, sulfat dan ferri. Di bawah lapisan oksidatif terdapat lapisan reduktif yang miskin oksigen dan yang hidup jasad renik anaerob. Sedangkan di bawah lapisan reduktif ditemukan lapisan padas/bajak yang berguna untuk mengurangi hilangnya air karena pencucian (*leaching*), mencegah meresapnya air dan unsur Kara selama penggenangan dan pertumbuhan padi.

Dari lahan seluas 2 juta km<sup>2</sup>, 144 juta ha merupakan area kehutanan dan 66 juta ha digunakan untuk pertanian. Lahan sawah hanya menduduki 11,7% dari total luas lahan pertanian, yaitu 7.774.000 ha terdiri dari sawah beririgasi, tadah hujan dan pasang surut. Jenis tanah di lahan sawah yang dominan adalah Inceptisols dan Entisols (62,8%) diikuti oleh Vertisols (6,7%), Ultisols dan Oxisols (5,7%) serta Aftisols berupa sawah irigasi di luar Jawa. Produktivitas padi sawah beririgasi di Jawa yang didominasi oleh Inceptisols, Entisols dan Vertisols telah mencapai rata-rata 5,3 ton/ha.

Di Indonesia padi diusahakan di seluruh daerah dataran rendah sampai dataran tinggi yang pada umumnya merupakan padi sawah (85,9%) dan sebagian kecil (10-15%) sebagai padi gogo. Padi tergolong tanaman yang toleran terhadap kondisi air pengairan, dapat ditanam pada tanah tergenang sebagai padi sawah, di tanah darat sebagai padi gogo dan padi gogo rancak, tetapi menjelang fase produktif digenangi seperti padi sawah.

Dalam penyuluhan-penyuluhan kepada para petani dalam rangka meningkatkan produksi padi, sangat populer istilah "Panca Usaha". Panca usaha merupakan lima tindakan budidaya yang harus dilakukan untuk mendapatkan produksi padi maksimum, meliputi: (1) Penggunaan bibit

unggul, (2) Bertanam dengan jarak tanam teratur (tandar jajar), (3) Pengaturan pengairan yang baik, (4) Penggunaan pupuk yang tepat, dan (5) Pemberantasan hama dan penyakit (proteksi tanaman) dengan baik.

Sesuai dengan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta pengalaman di lapangan, Panca Usaha menjadi Sapta Usahatani, yang meliputi: (1) penggunaan bibit unggul bermutu tinggi, (2) pengairan yang baik, (3) cara bercocok tanam yang baik, (4) cara pemupukan yang baik, (5) cara pemberantasan hama dan penyakit yang baik, (6) panen dan penanganan pasca panen yang baik, dan (7) pemasaran hasil yang baik.

Kemudian pada masa Bimas Supra Insus dikenal dengan istilah 10 unsur Penerapan Teknologi Supra Insus, Insus Paket D yang meliputi : (1) Benih unggul berlabel biru, (2) pengaturan jarak tanam, (3) Pengendalian jasad pengganggu secara terpadu, (4) Pengolahan Tanah yang baik, (5) Penerapan pola tanam, (6) Pergiliran varietas, (7) Tata guna air di tingkat usahatani, (8) Pemupukan berimbang, (9) Penggunaan pupuk pelengkap cair (PPC) atau zat pengatur tumbuh (ZPT), dan (10) panen dan pasca panen yang baik.

Budidaya padi digolongkan atas dasar (1) Sumber air hujan/irigasi baik padi sawah dan padi gogo, (2) musim tanam yaitu padi musim hujan (MH) dan padi musim kemarau (MK) atau padi gada, dan (3) kedalaman air genangan yaitu padi gogo (tidak tergenangi), padi sawah (seluruh waktu pertumbuhan padi tergenangi 5-15 cm), padi gogo rancah (tidak tergenangi di awal pertumbuhan dan digenangi 5-15 cm pada periode pertengahan (40-50 hst) sampai akhir pertumbuhan), padi pasang surut (padi sawah dengan genangan yang beragam tergantung pasang surutnya air), dan padirawa dengan genangan 50-200 cm.

Bercocok tanam padi sawah secara umum meliputi pembibitan, pengolahan tanah, pemindahan bibit, pemupukan, pemeliharaan (pengairan, penyiangan, pengendalian hama dan penyakit) dan panen. Sistem gogo rancah dilakukan di daerah-daerah yang ketersediaan airnya terbatas dengan tipe iklim D dan E. Menurut Oldeman (3-4 bulan basah), dimana teknik bertanam pada awalnya secara gogo, pengolahan tanah dilakukan jauh sebelum musim hujan. Apabila curah hujan sudah banyak lebih dari 200 mm/bulan yang bertepatan umur pada sudah mencapai 40-50 hst dilakukan penggenangan seperti halnya padi sawah sampai akhir pertumbuhan dan hasil gabah berkisar antara 2,6-5,1 ton/ha.

**Tabel 14. Luas lahan dan produktivitas padi di Indonesia**

Tahun	Luas lahan padi (ha)	Total Produksi (ton)	Produktivitas (ton/ha)
2009	12.883.576	64.398.890	4,99
2010	12.870.949	65.150.764	5,06

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2011

Sistem gogo rancah memungkinkan penanaman padi sawah dan palawija dalam pergiliran tanam setahun, meskipun di sawah tadah hujan yang tanahnya berat. Padi gogo rancah dalam pola tanam padi gogo rancah–padi walik jerami–palawija di lahan sawah tadah hujan mempunyai prospek yang cukup baik serta secara biologis dan sosial ekonomis mempunyai kelayakan untuk dikembangkan lebih lanjut. Keuntungan lain dari pola gogo rancah ialah dapat menghindari masa paceklik dan tersedianya modal pada pengolahan tanah selanjutnya. Sedangkan kendalanya adalah pengairan yang tidak terjamin, hama dan penyakit seperti tikus dan blas, membutuhkan banyak tenaga kerja, varietas padi dan beberapa faktor sosial ekonomi (Leksono dkk., 1984 dalam Haeruddin Taslim dkk., 1989 *dalam* Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan 1989).

### 7.2.1. Lahan rawa

Lahan basah rawa di Indonesia diperkirakan seluas  $\pm$  39.424.000 ha tersebar di Sumatera 13.211.000 ha, Kalimantan 12.764.000 ha, Sulawesi 469.000 ha dan di Papua 12.980.000 ha. Dan areal tersebut,  $\pm$  14,9 juta ha termasuk kategori sesuai untuk budidaya pertanian tanaman pangan, perkebunan dan tambak. Lahan yang telah dikembangkan  $\pm$  5 juta ha ( $\pm$  1,3 juta ha oleh pemerintah dan  $\pm$  3,7 ha oleh masyarakat (Direktorat Rawa).

Pengembangan lahan rawa secara tradisional telah dilakukan sejak dahulu oleh suku Melayu dan Bugis di pantai timur Sumatera dan suku Banjar di pantai selatan Kalimantan, tetapi mengingat terbatasnya kemampuan baik tenaga maupun dana yang dimiliki, mereka hanya mampu mengembangkan lahan yang subur di sepanjang bagian hilir sungai-sungai besar sampai sejauh 2-3 km ke arah pedalaman.

Daerah rawa pasang surut yaitu daerah rawa yang dalam proses pembentukannya dipengaruhi pasang surutnya air laut, terletak di tepian muara sungai atau sepanjang pantai.

Rawa non pasang surut (rawa lebak) yaitu daerah rawa yang dalam proses pembentukannya tidak dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut tetapi dipengaruhi oleh banjir dari sungai atau genangan air hujan, terletak dibagian tengah atau hulu sungai dengan topografi yang lebih kurang datar atau cekung rendah sehingga daerah tersebut selama beberapa waktu sepanjang tahun selalu digenangi air. Berdasarkan pada hidrotopografi di Indonesia dikenal tiga macam daerah lebak, yaitu lebak pematang, lebak tengahan, dan lebak dalam.

Indonesia mempunyai 14,7 juta ha lahan rawa lebak tetapi baru sebagian kecil yang telah diusahakan. Padi ditanam secara tradisional sekali setahun dengan hasil rata-rata 2,7 Ton/ha. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan varietas unggul yang sesuai dan teknik budidaya yang baik, hasilnya dapat mencapai 4,0-5,5 ton/ha. Oleh karena itu, terdapat peluang besar untuk meningkatkan produksi padi di lahan rawa lebak baik melalui intensifikasi maupun ekstensifikasi juga melalui introroduksi dan pengembangan padi air dalam.

Di Thailand dan Birma lahan rawa lebak berperan penting dalam produksi padi. Kedua negara tersebut adalah pengeksport beras yang sebagian besar (60%) produksi padinya dihasilkan dari lahan rawa lebak (Syarifuddin, 1980 *dalam* Suwarno dan Inu G. Ismail, 1992). Di Vietnam, padi yang ditanam pada lahan rawa dengan kedalaman air 50-70 cm dapat menghasilkan 6,0 ton/ha (Puckridge, 1988 *dalam* Suwarno dan Inu G. Ismail, 1992).

Lahan rawa dalam keadaan alamiah merupakan lahan yang berkendala, baik dari segi tanahnya dimana sering dijumpai tanah sulfat masam potensial, gambut tebal dan kemasaman yang tinggi (pH rendah), atau dari segi hidrotopografinya yang kurang menguntungkan karena sering terluapi oleh banjir atau tergenang dan kurangnya peluang untuk mendapatkan air irigasi. Dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pengelolaan lahan rawa yang pada saat ini dan didukung oleh dana yang memadai, kendala-kendala tersebut dapat dikurangi sehingga lahan rawa yang kurang produktif tersebut dapat dikembangkan menjadi lahan yang produktif untuk tanaman pangan, perkebunan, dan tambak.

### 7.2.2. Lahan pasang surut

Berdasarkan hasil survey yang telah dilakukan oleh Euroconsult dan BIEC pada tahun 1984 mengidentifikasi 24,6 juta ha lahan pasang surut dan areal tersebut  $\pm$  5,6 juta ha dapat dikembangkan untuk kegiatan pertanian skala relatif besar di Sumatera, Kalimantan dan Papua (Lufti Nasoetion, 1992 *dalam* Fakultas Pertanian Unsri, 1992).

Data historis menunjukkan bahan pengembangan lahan pasang surut telah dimulai pada tahun 1939 di Kalimantan Selatan, tetapi pengembangan lahan pasang surut yang terencana dan terkoordinasi baru dimulai pada awal Pelita I (33.000 ha di Sumatera dan Kalimantan), kemudian dilanjutkan Pelita II, III, IV dan V berturut-turut telah dibuka lahan pasang surut seluas 242.200 ha, 396.000 ha, 500.000 ha dan 600.000 ha, sehingga pada akhir Pelita V total kumulatif areal pertanian yang dapat dikembangkan mencapai areal 1.771.000 ha.

Khususnya lahan rawa di Kalimantan Tengah luasnya mencapai 4,3 juta ha terdiri dari 0,7 juta ha rawa pasang surut dan 3,6 juta ha rawa non pasang surut. Pada tahap awal direncanakan untuk pengembangan rawa seluas satu juta ha untuk pencetakan sawah atau tegalan untuk padi gogo dan perkebunan dilahan gambut tebal di Kalimantan Tengah sebagai realisasi dari SK Presiden RI No. 82 tahun 1995, tetapi proyek pembukaan lahan gambut sejuta hektar ini tidak dilanjutkan, karena telah terjadi perubahan kebijakan pemerintah dari Orde Baru ke Orde Reformasi sejak tahun 1997.

Sistem pengairan pasang surut ini sesungguhnya suatu sistem pengairan yang menggunakan tenaga alam yang disebabkan pengaruh gaya tarik dari planet bumi. Dengan pasangnyanya permukaan air laut, maka permukaan air sungai ikut naik dan keadaan ini menimbulkan luapan yang membanjiri daerah sekitarnya, maka pada saat permukaan air sungai menurun genangan air sekitarnya tidak seluruhnya dapat kembali ke sungai, dengan demikian terbentuklah rawa-rawa.

Dengan menggali kanal atau saluran dari arah sungai ke pedalaman, dimungkinkan untuk menyalurkan genangan air rawa tersebut pada saat surutnya air sungai, juga dapat membantu mengarahkan meluapnya air sampai pada saat pasang ke arah pedalaman. Dengan bantuan kanal-kanal akan terjadi gerakan air yang menimbulkan regenerasi oksigen di dalamnya, kemasaman air pun akan berkurang sehingga tercipta lingkungan yang baik

bagi pertumbuhan tanaman.

Dari hasil-hasil penelitian yang telah dilaksanakan oleh lembaga/ perguruan tinggi yang bekerja sama dengan P4S Departemen PUTL telah berhasil diciptakan sistem saluran baru oleh Team Teknik UGM untuk daerah Kalimantan dan ITB-IPB untuk daerah Sumatera (Test Farm P4S, 1997), yaitu:

1. Sistem UGM, dikenal dengan nama Sistem Garpu yang menggunakan satu saluran sebagai saluran pemberi maupun saluran pembuang dan dilengkapi dengan kolam pasang di ujung saluran sekunder.
2. Sistem ITB-IPB, saluran pemberi dan pembuang dibuat terpisah bahkan untuk transportasi air juga mulai dipisahkan. Untuk mencapai efek pengempangan yang lebih baik dipasang pula pintu-pintu klep otomatis (*aero-flave-gate*)

Masalah teknis yang menonjol dalam pengembangan lahan pasang surut antara lain adalah: (1) Masalah potensi sulfat masam, (2) Masalah penurunan kesuburan tanah, (3) Masalah dampak pembangunan sistem drainase, (4) Masalah serangan hama dan penyakit, (5) Masalah transportasi dan pemasaran, (6) Masalah kelembagaan pertanian, dan (7) Masalah ketersediaan sarana pelayanan umum.

Berdasarkan hidro-topografinya, lahan rawa pasang surut dibedakan menjadi empat kategori, yaitu (a) Lahan yang selalu tergenang air saat pasang, (b) Lahan yang kadang-kadang tergenang air saat pasang, (c) Lahan "kering" dengan permukaan air tanah kurang dari 50 cm, dan (d) Lahan "kering" dengan permukaan air tanah lebih dari 50 cm.

Kategori-kategori ini dapat digunakan sebagai dasar perwilayahan komoditas, karena setiap kategori mempunyai parameter lingkungan yang berbeda. Padi dan palawija memerlukan tata air yang berbeda, pengaturan air harus dilakukan dengan cermat. Kendatipun demikian permukaan air tanah dipertahankan sedemikian setinggi mungkin untuk mencegah pengeringan yang berlebihan (*over drainage*) untuk menjaga supaya lahan organik tidak menjadi pasir semu (*pseudo sand*) atau terjadinya proses *irreversible drying*, memperkecil pelapukan bahan organik, dan mencegah teroksidasinya sulfidasulfida menjadi asan sulfat yang bereaksi sangat masam akan merugikan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Secara keseluruhan perputaran tata air bermaksud mengurangi permukaan air tanah.

### 7.2.3. Tanah gambut

Tanah gambut terbentuk dari endapan bahan organik dari sisa-sisa tumbuhan masa lalu dalam suasana jenuh air. Lahan rawa didominasi oleh tanah gambut. Tanah gambut tersebar luas di Indonesia, terutama sekali di bagian pantai Timur Sumatera, pantai barat dan selatan Kalimantan serta di bagian selatan Papua. Luas tanah gambut di Indonesia diperkirakan 16,3 juta ha atau 8,7% dari luas tanah di Indonesia.

Tanah gambut adalah tanah dengan ketebalan lapisan bahan organik minimal 40 cm atau lebih dengan kadar bahan organik minimal 65% atau kadar karbon organik minimal 38%, sedangkan tanah bergambut adalah tanah mempunyai ketebalan lapisan bahan organik 10-40 cm.

Oleh karena kesuburan tanah alamiah dari gambut sempat dipengaruhi oleh tingkat dekomposisi bahan organik, maka klasifikasi tanah modern menggolongkan gambut ini berdasarkan tingkat dekomposisi bukan lagi berdasarkan sifat-sifat kimianya. Oleh karena itu, bahan organik dapat dibedakan menjadi tiga (Tim Peneliti Puslitanah, 1998):

- *Fibrik*, merupakan gambut yang mempunyai tingkat dekomposisi awal (masih muda) dan 75% volumenya masih berupa serat kasar.
- *Hemik*, adalah gambut yang mempunyai tingkat dekomposisi pertengahan, sebagian bahan organiknya sudah bebar-benar lapuk, sisanya berupa serat. Kandungan serat pada tingkat dekomposisi hemik adalah 17,75% volumenya.
- *Saprik*, merupakan gambut yang tingkat dekomposisinya sudah lanjut dan bahan-bahan kasar atau seratnya tinggal sedikit (<17% volumenya). Gambut ini berwarna kelabu sangat gelap sampai hitam. Sifat-sifat fisik dan kimianya relatif stabil.

Tanah gambut umumnya mempunyai beberapa sifat yang dapat menjadi kendala dalam pengembangan lahan, diantaranya : (1) Sifat-sifat fisik : *Bulk Density* (BD) rendah ( $1,0 \text{ g/cm}^3$ ), bersifat porous/sarang yang menyebabkan konduktivitas hidrolis tinggi, permukaannya turun (*subsidence*) jika didrainase, bersifat *irreversible* dan mudah terbakar bila kering berlebihan, serta mempunyai daya ikat rendah terutama pada gambut fibrik; (2) sifat-sifat kimia : kandungan hara makro terutama fosfor dan kalium dan basa-basa rendah, kandungan hara mikro terutama Cu dan Zn rendah, serta tingkat

kemasaman tanah tinggi yang dapat menyebabkan gangguan penyerapan (*uptake*) hara tanah. Sifat ini merupakan faktor penghambat bagi tanah ini yang diperuntukkan lahan pertanian, karena keadaan ini dapat menghambat pertumbuhan tanaman secara normal dan dapat menurunkan produksi. Untuk dijadikan lahan pertanian perlu dilakukan tindakan pengelolaan lahan, diantaranya mengatur tata air (*drainase*), mengolah tanah khas gambut, pemupukan, pengaturan, penyerapan sistem, dan konversi lahan gambut.

Disamping tanah gambut di daerah pasang surut dikenal juga tanah sulfat masam dan sulfat masam potensial. Tanah-tanah ini sebenarnya tergolong dalam tanah-tanah aluvial yang bahannya berasal dari endapan taut. Tanah sulfat masam (potensial) mengandung senyawa kimia yang disebut pirit ( $\text{FeS}_2$ ). Dalam suasana reduktif senyawa ini stabil dan tidak bersifat bahaya. Dalam keadaan demikian tanah tersebut disebut tanah sulfat masam potensial, tetapi apabila tanah ini dikeringkan airnya sehingga udara dapat masuk maka pirit tadi akan dioksidasikan dan menghasilkan asam sulfat yang menyebabkan pH tanah menjadi rendah sekali (pH tanah dapat mencapai  $<4$ ). Dalam keadaan demikian timbul beberapa masalah sebagai berikut : (1) Keracunan aluminium, (2)keracunan besi, (3) defisiensi unsur hara (Ca, Mg, K, Mn, Zn, Cu dan Mo).

Pada umumnya penduduk setempat (Kalimantan Tengah) menanam padi pada lahan sawah pasang surut hanya sekali dalam setahun, dan yang bertanam dua kali kurang dari 20%. Varietas padi lokal biasanya disemai dilahan yang tidak tergenang air yang disebut *tradak* pada bulan Oktober-November. Sebulan kemudian dilakukan *ampak*, yaitu memindahkan bibit dari tradak ke bagian sawah yang tergenang air, tetapi tidak terlalu dalam, sehingga tidak tenggelam. Pada bulan Januari-Februari rumpun bibit dicabut dan dipisah-pisahkan dalam kelompok rumpun besar, kemudian 'dilacakkan' atau ditanam di bagian tengah petakan sawah. Bulan Maret-April bibit dicabut lagi, akar dan ujung daun dipotong, lalu ditanam 2-3 batang tiap tugal pada seluruh petakan sawah.

Pola tanam padi-padi di lahan rawa dengan menyisipkan varietas padi unggul nasional ke dalam pertanaman varietas lokal yang persemaiannya bersamaan waktunya, sehingga menghasilkan panen dua disebut pola tanam "sawit dupa". Varietas lokal yang banyak ditanam Siam Unus, Adil dan

Kedabung Putih yang berumur dalam 10-11 bulan, dan mempunyai produksi sedang (2,78 ton/ha GKG), sedangkan varietas unggul nasional yang banyak ditanam adalah IR-36, IR-42 dan IR-64 yang berumur pendek (3-4 bulan) dengan produksi 3,2-3,7 ton/ha GKG) dan tahan terhadap kemasaman tanah tinggi.

**Tabel 15. Hasil padi pada beberapa ketebalan gambut.**

Ketebalan gambut (cm)	Hasil gabah (ton/ha)
0 - 10	1,6 - 2,4
10 - 30	2,4 - 3,2
30 - 60	3,2 - 4,4
60 - 100	0,8 - 1,6

Sumber: Team IPB (1971).

Dari Tabel 15 dapat diketahui bahwa hasil gabah padi tertinggi dapat dicapai pada ketebalan gambut 30-60 cm, dimana hasil gabah adalah 3,24 -4,4 ton/ha dan hasil terendah diperoleh dari ketebalan gambut 60-100 cm. Hal ini menunjukkan bahwa ketebalan gambut sampai dengan 60 cm merupakan ketebalan gambut yang minimum. Untuk mendapatkan gambaran lahan gambut di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 16.

**Tabel 16. Luas lahan gambut di Indonesia.**

Pulau/Propinsi	Luas total (ha)	Layak untuk pertanian (ha)
<b>Sumatera</b>	6.244.101	2.253.733
Riau	4.043.600	774.946
Jambi	716.839	333.936
Sumatera Selatan	1.483.662	1.144.851
<b>Kalimantan</b>	5.072.249	1.530.250
Kalimantan Tengah	3.010.640	672.723
Kalimantan Barat	1.729.980	694.714
Kalimantan Selatan	331.629	162.819
<b>Papua</b>	7.001.239	2.273.160
<b>Total</b>	18.317.589	6.057.149

Catatan: apabila lahan gambut di NAD, Sumut, Sumbar, Bengkulu, dan Kalimantan Timur diperhitungkan total gambut di Indonesia sekitar 21 juta ha.

Sumber: BB Litbang SDLP, 2008.



## Bab 8

---

# Budidaya Tanaman

Dalam peningkatan produksi tanaman dapat diupayakan dengan tiga cara, yaitu dengan ekstensifikasi (perluasan areal pertanian) dan intensifikasi (peningkatan produksi dengan penambahan teknologi sebagai input pertanian per satuan luas lahan pertanian) serta rehabilitasi.

Program ekstensifikasi sangat memungkinkan untuk dikembangkan di luar Jawa, mengingat di pulau Jawa lahan pertanian tidak seluas di pulau Sumatera, pulau Kalimantan, pulau Sulawesi dan Papua. Selain itu dewasa ini lahan pertanian di Jawa banyak yang sudah beralih fungsi menjadi industri, pemukiman, sarana olah raga dan sebagainya. Luas lahan pertanian di Indonesia di pulau-pulau yang besar.

Dengan intensifikasi dapat dihasilkan produksi tanaman melalui peningkatan penambahan sarana produksi seoptimal mungkin untuk mendapatkan hasil tanaman yang maksimal pada lahan pertanian tertentu.

Bagi petani hortikultura, intensifikasi merupakan ciri kegiatan utamanya. Intensifikasi dilaksanakan terarah oleh pemerintah pada awalnya untuk tanaman padi dalam program Bimas (Bimbingan Massal, 1970). Program ini berkembang menjadi Inmas (Intensifikasi massal) untuk komoditas tanaman palawija dan hortikultura, sehingga dikenal dengan Inmas jagung, Inmas kedele, Inmas kubis, Inmas kentang dan sebagainya. Program ini dilaksanakan dengan pembinaan penyuluhan dari PPL dan kredit sarana produksi (benih, pupuk, pestisida dan sebagainya).

Seiring dengan pembangunan pertanian di Indonesia, bimas berkembang menjadi Insus (Intensifikasi khusus), tidak untuk komoditas pangan saja tetapi juga pada tanaman perkebunan. Inmum (Intensifikasi umum) dan Supra insus melibatkan rekayasa sosial melalui kebersamaan dalam kegiatan usahatani dalam satu wilayah unit desa (wilud). Supra insus Paket D menambah teknologi ZPT yaitu pemakaian Sitozim.

Peran PPL (Petugas Penyuluh Lapangan) sangat besar artinya dalam pelaksanaan bimas, disebut juga sebagai ujung tombak pembangunan pertanian, dengan menganjurkan Panca Usahatani sebaik mungkin. Untuk rehabilitasi areal pertanian dilakukan dengan memperbaiki prasarana lahan produksi pertanian, antara lain jaringan irigasi dan meningkatkan konservasi lahan pertanian.

Kegiatan budidaya tanaman meliputi tahap-tahap sebagai berikut :

### **8.1. Persiapan Benih Tanaman**

Benih merupakan awal keberhasilan produksi tanaman. Tujuan penggunaan benih unggul bermutu adalah :

- a. untuk mempertahankan kemurnian varietas,
- b. menyeragamkan pertanaman dan kualitas panen,
- c. varietas responsif terhadap pemupukan N yang tinggi,
- d. varietas resisten terhadap hama penyakit utama,
- e. hemat penggunaan benih.

Benih bermutu adalah benih yang sudah bersertifikasi, dianjurkan yang berlabel biru, yang memenuhi kriteria benih sebar sebagai berikut :

- e. kemurnian benih minimal 98 %,
- f. jumlah kotoran maksimal 2 %,
- g. campuran benih lain maksimal 0,5 %,
- h. gulma maksimal 0,1 %,
- i. daya tumbuh minimal 80 %,
- j. kadar air minimal 13 %.

Sertifikasi benih atau tanaman merupakan bagian dari sistem distribusi, dirancang untuk memelihara dan mempertahankan identitas dan kualitas varietas tanaman. Suatu varietas baru atau yang telah dimuliakan dapatlah secara harfiah dimulai dengan segenggam benih atau sebatang tanaman

yang dibiakkan secara vegetatif. Dalam perbanyakan dan distribusi berikutnya, beberapa pengaturan perlu digunakan untuk menjamin agar sifat-sifat esensial dari varietas tersebut tidak hilang oleh pencampuran varietas lain, pencampuradukan, atau cara-cara produksi yang salah. Pengaturan ini paling baik dapat ditangani oleh suatu perkumpulan organisasi, atau keagenan dengan status resmi atau berbadan hukum.

Agen sertifikasi memperoleh suatu strain tanaman baru yang telah dimuliakan, yang dapat diidentifikasi dengan nama varietas yang nyata dari penciptanya. Benih aslinya dikenal dengan nama benih pemulia (*breeder seed*) atau benih dasar (*basic seed*). Karena dalam banyak tanaman perbanyakan pertama dari benih pemulia tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan penanaman, serangkaian generasi perbanyakan sangatlah perlu. Walaupun tiap generasi lebih jauh dari benih dasar akan menambah kesempatan perubahan-perubahan. Perubahan yang paling merusak adalah yang terjadi sangat awal, akibatnya standar untuk langkah awal perbanyakan harus standar yang tertinggi.

Di Amerika Serikat, agen sertifikasi memikul tanggung jawab untuk setiap tahapan, walaupun produksi yang sesungguhnya dapat dikontraskan pada penanam-penanam swasta. Agen sertifikasi memberikan supervisi, inspeksi, pelayanan laboratorium, dan mempertahankan standar produksi. Agen dapat memperoleh bayaran atau imbalan dari pelayanannya lewat keanggotaan dan ongkos-ongkos inspeksi. Ongkos dapat didasarkan pada jumlah sawah, luas, hasil benih atau ketiga-tiganya. "Tag" sertifikasi mempertelakan identifikasi varietas dan tahun benih itu disertifikasi.

Benih disertifikasi (*certified seed*), seperti benih-benih lain di Amerika Serikat, terkena hukum pengaturan benih yang mensyaratkan pelabelan terperinci dalam persentase perkecambahan, kemurnian fisik, jumlah biji gulma, asal-usul dan kandungan air benih. Pelabelan biasanya mencakup tanggal benih itu diproduksi dan nama atau nomor sandi dari penanam masing-masing yang terlibat. Generasi pertama, kedua dan ketiga sejak benih pemulia aslinya, diidentifikasi dengan berbagai jalan, biasanya dengan nama benih dasar atau *foundation seed (FS)*, *registered seed (RS)*, *certified seed* (FS dan RS akan dipakai untuk produksi benih seterusnya). "*Certified seed*" digunakan untuk produksi tanaman secara komersial (*extension seed*).

Di Indonesia telah lama ada usaha-usaha sertifikasi benih, dan kampanye perbaikan benih telah digiatkan pada awal Pelita I tahun 1980, tetapi karena kesulitan hukum (*seed laws* atau *seed act*), belum banyak ditaati peraturannya, bahkan oleh lembaga pemerintah misalnya dalam pelabelan. Jenis-jenis benih di Indonesia adalah FS (*Foundation Seed*) yang diproduksi oleh LP3 dan kebun cabang-cabangnya dan benih bina oleh KBS; kemudian SS (*Stock Seed*) yang diproduksi Balai-Balai Benih Kabupaten atau Lembaga Benih Sang Hyang Seri, kemudian ES (*Extension Seed*), benih tangkar yang diproduksi Unit Penangkar Benih. Kualifikasi mutu benih yang dihasilkan belum banyak diperhatikan, karena pengujian benih masih jarang dilakukan, tetapi perkembangan terakhir menunjukkan perkembangan yang pesat. Sertifikasi standar, untuk tanaman-tanaman yang dibiakkan secara vegetatif, dihadapkan dengan urusan dengan penyakit-penyakit, terutama penyakit virus. Tanaman dasar (*foundation plants*) misalnya, dicek tiap tahun dengan cara-cara *indexing* yang cocok untuk menjamin bebas infeksi virus. Di Amerika Serikat, Belanda dan lain-lain, pembiakan kentang, arbei, dan citrus dicakup dalam program sertifikasi tanaman. Di Indonesia hal ini belum dilaksanakan. Kesuksesan program sertifikasi akan memberikan keuntungan pada semua pihak baik penangkar benih, penanam, dan akhirnya konsumen.

## 8.2. Pengolahan Tanah

Tanah merupakan lingkungan tempat tumbuhnya tanaman. Penguasaan terhadap lingkungan tumbuh tanaman ini sangat penting untuk menentukan pengelolaan yang tepat dan menguntungkan. Terciptanya pengelolaan tanah dan cara budidaya tanaman yang baik merupakan upaya penyesuaian antara syarat tumbuh yang diinginkan tanaman dengan kondisi lingkungan tempat tumbuhnya tanaman tersebut.

Pengolahan tanah adalah berbagai pekerjaan modifikasi atau manipulasi tanah di daerah perakaran tanaman, yang secara langsung ataupun tidak langsung mempunyai tujuan untuk mengendalikan gulma dan membentuk kondisi fisik tanah yang dikehendaki oleh tanaman, antara lain : memperbaiki struktur tanah agar menjadi remah, aerasi yang baik, dan mempertahankan bahan organik lapisan olah tanah, sehingga menjadi media tumbuh yang baik

bagi tanaman. Bagi daerah-daerah dimana struktur tanah tidak stabil, curah hujan tinggi, dan topografi miring dianjurkan pengolahan tanah setempat bagi tanaman pokok minimum tillage atau bahkan tanpa olah tanah (*zero tillage/TOT*).

Pengelolaan tanah meliputi kegiatan-kegiatan penyusunan rencana penggunaan tanah, pengolahan tanah, pemupukan (organik dan anorganik), pembersihan gulma, dan kegiatan lainnya untuk meningkatkan produktivitas tanah. Dalam pengelolaan tanah, daya olah yang baik harus diperhatikan terlebih dahulu, ini berarti suatu keadaan fisik tanah yang cocok dan pengaturan yang baik bagi kelembaban dan udara tanah. Mempertahankan humus tanah dan merangsang terjadinya granulasi tanah merupakan syarat penting dari daya olah yang baik. Pengolahan tanah terdiri atas membajak (membalik tanah) dan menggaru (meratakan tanah), dimana tindakan-tindakan ini harus tepat terutama sehubungan dengan kelembaban tanah. Daya olah yang baik juga merupakan faktor utama dalam pengendalian erosi dan secara luas berhubungan dengan rotasi tanaman. Pengolahan tanah akan memberikan pengaruh yang nyata jika disertai dengan pemberian bahan organik (pupuk organik) dan pengapuran (untuk tanah yang masam).

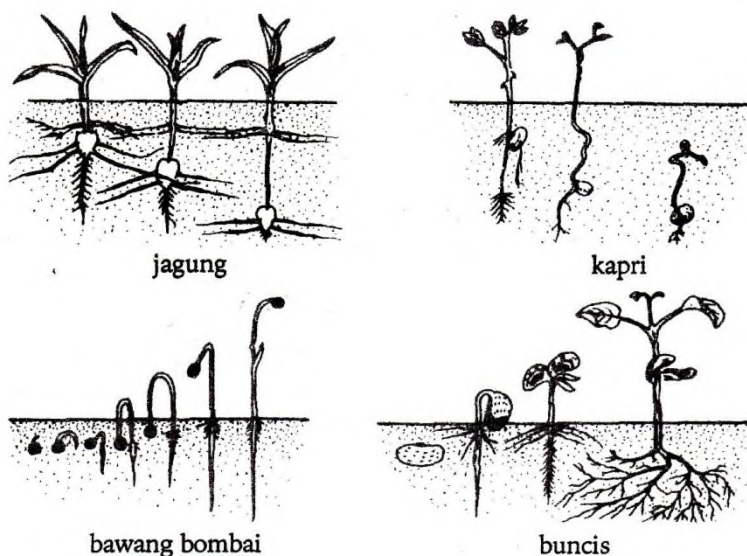
Perbaikan drainase pada permukaan tanah yang drainasenya buruk sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman. Apabila permukaan tanah jenuh air untuk periode yang lama, aerasinya buruk, maka akar akan lemah dan kemudian mati, terjadinya denitrifikasi dan menghambat serapan kalium. Oleh karena itu, baik dengan pengolahan tanah maupun tanpa pengolahan tanah (TOT), pembuatan saluran drainase pada permukaan tanah sangat penting.

### 8.3. Penanaman

Benih dapat disebar langsung di tempat tanam permanen (*direct seeding*, sebar langsung) atau mula-mula dalam wadah atau tempat di mana tanaman muda dapat dipindahkan (*transplanting*), sekali atau dua kali sebelum penanaman permanen. Penyemaian atau pembibitan, ditujukan untuk menanam bibit atau semai untuk memberikan pengaturan lingkungan yang lebih tepat, selama tahap perkecambahan yang gawat dan awal pertumbuhan bibit. Banyak benih yang mahal-mahal dan kecil, perlu

disemaikan untuk memperkecil biaya pemeliharaan, dan menjamin pertumbuhan bibit. Dalam penanaman padi sawah, untuk menghemat waktu selama pengerjaan tanah yang makan waktu lama, benih telah ditebar dulu di persemaian khusus.

*Direct seeding.* Tanaman yang sukar dipindahkan (Tabel 17) atau yang harga satuan tanaman tidak memadai, adanya kesukaran dan biaya pemindahan (*transplanting*), ditanam dengan sebar langsung (*direct seeding*). Banyak tanaman sayuran selalu ditanam langsung seperti buncis, kacang panjang, jagung manis, lobak, wortel dan ketimun. Juga tanaman palawija seperti kedelai, kacang hijau, sorgum, jagung selalu ditanam dengan sebar langsung. Biaya untuk *direct seeding* lebih kecil dan lebih praktis dibanding *transplanting*, tetapi karena masalah pemberantasan gulma cara-cara itu selalu terbatas pelaksanaannya, dan dengan kemajuan-kemajuan mutakhir dalam pemberantasan gulma secara kimia, sebar langsung telah menjadi mungkin dilakukan untuk beberapa tanaman misalnya pada tomat.



**Gambar 17. Hubungan antara tipe perkecambahan dan kedalaman tanam.**  
Kotiledon tinggal dalam tanah / *epigeal* (atas) dan kotiledon terangkat ke atas tanah / *hypogeal* (bawah) (Sumber : Copeland, 1998)

Jarak tanam yang tepat sangat penting dalam sebar langsung, untuk menghindari kegiatan penjarangan atau penyulaman yang ekstensif. Hal ini

sukar dilaksanakan untuk benih-benih kecil, atau benih yang tidak bundar/pipih seperti *lettuce* hingga ada usaha-usaha untuk melakukan pelapisan (*pelleting*) benih itu. Pelapisan benih dapat dilakukan dengan menyelimuti benih dengan lapisan bahan yang cocok, biasanya *hat* dan aditif. Ukuran benih yang makin besar, membuat penanaman lebih mudah dan lapisan tersebut dapat diberi pupuk agar mempercepat pertumbuhan bibit, tetapi terkadang bahan-bahan tersebut mengandung sesuatu penghambat pertumbuhan bibit.

### 8.3.1. Kedalaman tanam

Kedalaman tanam tergantung pada tipe perkecambahan dan kandungan air dan oksigen pada tanah. Pada umumnya, bibit dengan keping biji (*cotyledone*) yang muncul ke atas tanah (*epigeal*), biasanya memerlukan penanaman lebih dangkal daripada bibit yang keping bijinya tertinggal dalam tanah (Gambar 16). Misal keping biji buncis muncul ke atas tanah, walaupun benihnya besar, harus ditanam dangkal. Perhatikan perbedaan sifat hipokotil pada gambar tersebut.

Seperti dikemukakan sebelumnya, air dan oksigen berada dalam pori-pori tanah. Jadi bila rongga-rongga pori di bagian atas tanah hampir jenuh (*saturated*), yaitu bila tanah basah atau pada musim hujan. Suplai oksigen rupanya merupakan faktor pembatas dan penanaman yang relatif dangkal diperlukan. Sebaliknya, bila rongga-rongga pori di bagian atas berisi sedikit jumlah air tersedia, suplai air akan merupakan faktor pembatas dan penanaman yang relatif dalam diperlukan. Hal ini menerangkan mengapa pada musim kering benih-benih lebih dalam ditanamkannya, kebutuhan air untuk tiap jenis tanaman berbeda-beda.

### 8.3.2. Pemindahan tanaman

Pembibitan merupakan bagian khusus dari pembiakan dengan biji. Benih dapat dikecambahkan dulu dalam bak-bak semai (*seedling flat / potray*) yang berisi media yang khusus disediakan, kemudian bibit kecil dipindahkan ke wadah yang cocok. Bila bibit sukar dipindah (seperti familia ketimun, Tabel 17) benih dapat langsung ditanam dalam wadah sendiri-sendiri (pot, bungkusan kurang lebih berdiameter 7 cm), tanaman grup 3 biasanya mengalami *shock* kalau dipindah.

**Tabel 17. Klasifikasi tanaman berdasarkan sukar mudahnya dipindah.**

Grup 1 Mudah	Grup 2 Sedang	Grup 3 Sukar
Kubis	Aster	Buncis
Kubis bunga	Cabai	Kantelop
Lettuce	Bawang gombong	Ketimun
Petunia	Belden	Semangka
Verbena	Terong	La bu, kapri
Tomat	Wortel	Jagung

Kelompok-kelompok benih tanaman berikut memerlukan kandungan air tanah tertentu saat pemindahan tanam :

1. Benih yang akan berkecambah sama baiknya dekat titik layu permanen atau dengan kandungan air lebih besar: kubis, *squash*, jagung, turnip, *muskmeon*, semangka, cabai dan lobak.
2. Benih yang memerlukan kandungan air tanah sedikitnya 20 persen di atas titik layu permanen: buncis, bawang bombai, wortel, spinasi, ketimun dan tomat.
3. Benih-benih yang memerlukan kandungan air tanah sedikitnya 33 persen di atas titik layu permanen: *'lima bean'* dan kapri.
4. Benih yang memerlukan kandungan air tanah kira-kira 50 persen di atas titik layu permanen: bit dan *lettuce* (slada).
5. Benih yang memerlukan kandungan air tanah dekat kapasitas lapang: seledri.

Media dalam bak semai, biasanya pasir atau campuran pasir-tanah. Pasir mempunyai keuntungan dapat didrainasekan baik dan secara relatif mudah untuk mempertahankan bebas penyakit. Media perkecambahan yang kurang hara tidak mengganggu selama bibit dipindah segera setelah muncul. Tambahan makanan dengan larutan hara dapat dianjurkan. Kedalaman benih dalam bak semai, tergantung ukuran benih. Sebagai kisaran kasar, kedalaman tanam 1 - 2 kali diameter benih yang terbesar. Benih yang sangat halus dapat ditaburkan di permukaan tanah.

Pemberian air dalam persemaian, harus sebaik-baiknya, tetapi tiap tanaman berbeda sikapnya dalam pertumbuhan –bila tanah bertambah kering ke arah titik layu permanen. Benih dalam grup nomor 4 dan 5 di atas harus paling sering diairi. Semua benih akan berkecambah lebih cepat bila

kandungan air tanah naik dari titik layu permanen ke kapasitas lapang. Benih-benih tanaman yang sukar mengisap air harus ditanam lebih dalam, bila tidak dapat disiram.

Bibit yang ditanam dalam bak semai harus cepat dipindah segera sesudah cukup besar untuk ditangani (untuk biji-biji tembakau dan lain-lain). Tindakan pemindahan harus hati-hati untuk menghindari kerusakan, baik pada akar maupun pucuk, tetapi pada banyak tanaman, pengrusakan akar tunggang menghasilkan sistem perakaran serabut. Pelaksanaan pemindahan terbaik dilakukan bila media tanah cukup basah sehingga mudah ditarik, tetapi tidak terlalu basah sehingga lengket. Pemindahan dapat dilakukan dengan garpu kayu.

Sebelum dipindahkan ke lapang, bibit kecil-kecil tersebut dipindahkan dulu ke bedengan pembibitan (dapat pula benih langsung disebar ke bedengan pembibitan, tanpa pemindahan pertama). Bedengan persemaian harus telah disiapkan baik-baik, tanah harus gembur dan bersih dari rumput-rumputan, dapat diberi atap dari jerami, nipah atau sebangsanya supaya dapat dijarangkan (untuk sayuran, bunga, cengkeh), dapat pula tanpa atap (karet, padi). Dalam pembibitan tersebut bibit ditanam dalam bedengan tanah, atau pada sapihan atau bumbungan; ini dapat dibuat dari daun-daunan, bumbung atau plastik, atau pot kecil-kecil, ataupun medium tanah yang telah dicetak seperti kubus dengan sisi kurang lebih 7,5 cm.

Jarak bibit sekitar 5 - 7,5 cm dalam barisan dan 10 cm antara barisan, akan tetapi bila suatu saat ternyata terlalu berdesakan hingga melengkung mencari cahaya, harus dijarangkan. Benih padi biasanya disemai rapat-rapat.

Pemindahan ke lapang merupakan bagian dari pembiakan dengan biji dan pembiakan vegetatif. Transplant dapat ditanamkan masih berserta tanahnya atau dengan akar lepas tanah / akar tidak ada tanahnya (khusus persemaian basah). Penanaman dari tanaman-tanaman akar lepas tanah/akar tidak ada tanahnya seperti tomat, stroberi, kubis, selderi, cabai, cocok untuk cara-cara pemindahan dengan mesin. Mesin-mesin pemindah sering dilengkapi dengan alat pemberi air atau larutan pemulai (*starter solution*). Tanaman-tanaman dengan akar lepas tanah / akar tidak ada tanahnya itu harus ditutup dengan lumpur untuk menghindari kekeringan.

Saat pemindahan dipengaruhi keadaan cuaca, laju transpirasi yang

rendah mempercepat pemulihan kerusakan-kerusakan akibat pemindah-tanaman. Keadaan tersebut terjadi pada keadaan cuaca seperti suhu rendah, intensitas cahaya rendah, udara yang tenang tak berangin, kelembaban tinggi. Hal ini menjelaskan bahwa mengapa hujan rintik-rintik yang berkabut adalah yang paling ideal untuk pindah tanam, mengapa hari berawan lebih baik dari panas terik, mengapa udara berangin kurang baik dibanding udara tenang; mengapa pemindahan pada sore hari lebih baik daripada pagi hari.

### 8.3.3. Penggunaan *starter solution*

Kebanyakan tanaman ternak dipindahkan dengan air. Pemberian air akan membantu mempercepat pemulihan. Air mengatur tanah sekeliling akar, menghilangkan kantung-kantung udara, sehingga air tersedia secara cepat.

*Starter solution* digunakan dalam pemindahan ke lapang, suatu hal yang biasa dilakukan di Amerika Serikat, tetapi jarang dilakukan di Indonesia. Pada umumnya larutan mengandung persenyawaan-persenyawaan yang mengandung N, P dan K dan unsur-unsur esensial lain. Dari pengujian, ternyata *starter solution* dapat merangsang pemulihan yang cepat dan menaikkan hasil atau mempercepat panen, bila tanaman ditanam pada tanah-tanah yang relatif kurang subur, bila pemupukan dilakukan secara ringan, dan bila pupuk buatan diletakkan pada jarak yang agak jauh.

Bahan *starter solution* secara umum adalah  $N_2$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  4-8-12, 5-10-5, 5-10-10 dan lain-lain. Satu kilogram bahan dilarutkan dalam 8-9 liter, sebagai *stock solution*, diaduk baik-baik dan dibiarkan tenang. Setiap setengah liter *stock solution* diencerkan dengan lima liter air. Tiap tanaman diberi setengah liter larutan tersebut pada saat transplanting.

### 8.3.4. Penentuan jarak tanam

Penyiapan bibit ataupun benih secara lengkap telah diuraikan sebelumnya. Dalam hal bertanam, banyak faktor yang perlu diperhatikan. Yang paling penting adalah waktu tanam dan persiapan tanah. Di Indonesia, seperti halnya pada daerah-daerah tropis lain, faktor yang menentukan saat tanam bukanlah suhu luar, melainkan ketersediaan air.

Di musim hujan air berlebihan dan di tanah-tanah sawah tidak banyak tanaman yang baik ditanam, kecuali padi, sedangkan pada musim itu, di

tanah-tanah kering, walaupun suplai air tanah baik untuk banyak tanaman, tetapi cuaca yang lembab dan matahari jarang bersinar menyebabkan banyak serangan penyakit. Di musim kemarau, serangan hama lebih banyak mengancam, di samping terlalu sedikitnya suplai air, bahkan kadang-kadang kekeringan mengancam.

Bila pemilihan saat tanam telah tepat dan persiapan tanah telah dilakukan sebaik-baiknya (telah mengalami pembajakan, penggaruan dan pencangkulan dengan intensitas sesuai dengan sifat-sifat tanah), maka hal yang perlu ditentukan kemudian adalah jarak tanam.

Dalam penyuluhan-penyuluhan Bimas petani dianjurkan "tandur jajar", yaitu tanam dengan jarak dan barisan teratur. Hal ini dimaksudkan agar penyiangan dan pemberian pupuk nantinya mudah dilaksanakan. Demikian pula proteksi terhadap hama penyakit lebih mudah dilakukan, tetapi dengan kemajuan dalam bidang pengendalian gulma secara kimia, dan penggunaan kapal-kapal terbang untuk penyemprotan, dan kebiasaan bertanam langsung, kadang-kadang tandur jajar tidak perlu digunakan.

Jarak tanam berkaitan dengan jumlah populasi tanaman yang harus diperhitungkan dengan efek kompetisi terhadap lingkungan tumbuh tanaman (air, cahaya dan hara) untuk menghindari adanya saling menaungi antar kanopi tanaman. Misalnya untuk tanaman padi 25 X 25 cm atau 30 X 25 cm, untuk kedelai, tomat, tebu, teh dan karet bergantung dari luas kanopi tanaman dan jumlah tanaman.

Jarak tanam mempengaruhi populasi tanaman dan keefisienan penggunaan cahaya, juga mempengaruhi kompetisi antara tanaman dalam menggunakan air dan zat hara, dengan demikian akan mempengaruhi hasil. Dengan pemupukan berat, rupanya populasi yang lebih besar mengakibatkan efisiensi penggunaan pupuk, karena tercapainya keefisienan penggunaan cahaya.

Distribusi tanaman yaitu pengaturan letak tanaman pada sebidang tanah, mempengaruhi keefisienan penggunaan cahaya. Pada umumnya jarak tanam sama (*equidistant plant spacing*) lebih efisien daripada jarak tanam yang lain, karena awal titik kompetisi tertunda terjadinya.

Arah barisan dapat digunakan untuk menggunakan cahaya secara efisien. Tanaman yang ditanam dengan arah barisan timur-barat, meng-

gunakan cahaya lebih efisien daripada dengan arah barisan utara-selatan. Dalam banyak keadaan, penggunaan arah barisan ditentukan oleh arah lereng ataupun teras-teras. Di lereng yang tidak berteras, sebaiknya barisan atau guludan tegak lurus arah lereng; di lereng yang berteras arah barisan sexing sejajar lereng atau tegak lurus teras. Dengan lereng yang landai tak berteras dianjurkan bertanam menurut sistem kontur, barisanbarisan tidak perlu lurus, dapat berkelok-kelok sesuai dengan keadaan bukit, tetapi harus sama tinggi (datar).

Untuk tanaman berbaris, jarak dalam barisan dan antar barisan menentukan rapatan (*spacing*). Jarak antar barisan ditentukan oleh perlengkapan-perengkapan untuk penyiangan (traktor, landak, atau tangan maupun penggunaan sistem tumpangsari). Kecenderungan dewasa ini adalah ke jarak yang sempit, dan perlengkapan-perengkapan sekarang diarahkan ke sana. Kerapatan tanaman mempengaruhi penampilan dan produksi tanaman, terutama karena keefisienan penggunaan cahaya.

Pada umumnya, produksi tiap satuan luas yang tinggi tercapai dengan populasi tinggi, karena tercapainya penggunaan cahaya secara maksimum di awal pertumbuhan, tetapi pada akhirnya, penampilan masing-masing tanaman secara individu menurun karena persaingan untuk cahaya dan faktor-faktor tumbuh lainnya. Tanaman memberikan respons dengan mengurangi ukuran baik pada seluruh tanaman maupun bagian-bagian tanaman (cabang, umbi atau polong). Kerapatan optimum ditentukan oleh pertimbangan-pertimbangan ekonomi dalam menentukan keuntungan optimum.

Seperti diketahui, harga hasil merupakan fungsi hasil tiap tanaman, jumlah tanaman tiap satuan luas, mutu hasil, harga, dan ongkos-ongkos produksi. Bila mutu bukan merupakan faktor yang menentukan (misal dalam produksi selulosa untuk pulp atau tanaman semusim umumnya), hasil tiap satuan luas dengan kontinyu naik menurut naiknya populasi, tetapi sejak titik kompetisi tercapai dengan laju yang berkurang kecepatannya. Bila mutu merupakan faktor penentu harga hasil (kubis bunga, kayu tebang) hasil optimum terjadi pada suatu populasi tertentu. Sesudah itu kenaikan populasi akan menurunkan mutu, berarti harga jual atau keuntungan akan menurun atau sedikitnya tetap —sewaktu hasil tiap satuan luas naik. Apa yang terjadi sesudah titik kompetisi tergantung pada tanamannya.

#### 8.4. Pemupukan

Pupuk adalah bahan yang memberikan zat hara pada tanaman, biasanya diberikan pada tanah, tetapi dapat pula diberikan melalui daun atau batang berupa larutan. Karbondioksida yang diberikan ke udara dalam rumah kaca dapat pula dipandang sebagai pupuk.

Pupuk yang mengandung N, P dan K disebut pupuk lengkap. Kelas pupuk (grade atau analisis) merupakan persen dalam berat dari nitrogen (dinyatakan sebagai unsur N), fosfor (dinyatakan sebagai  $P_2O_5$ ) dan kalium (dinyatakan sebagai  $K_2O$ ). Fosfor dan kalium biasanya tidak dinyatakan sebagai unsur-unsurnya.

Pupuk dapat digolongkan pada bahan organik dan bahan kimia (anorganik). Pada masa yang lalu, kebanyakan pupuk merupakan bahan organik buangan, seperti pupuk kandang, sisa-sisa tanaman, darah dan sisa-sisa ikan. Pupuk kimia, seperti ammonium nitrat dan superfosfat disintesis dari mineral-mineral anorganik. Pupuk N dapat disintesis dengan menggunakan nitrogen langsung dari udara.

Suatu pupuk lengkap dalam kantung 100 kg dengan kelas 5-15-24, berarti berisi 5 kg N, fosfor sejumlah 15 kg  $P_2O_5$ , dan kalium dinyatakan sebagai 24 kg  $K_2O$ . Nisbah (rasio) pupuk adalah analisis yang dinyatakan dengan perbandingan terkecil. Suatu analisis 10-10-10 mempunyai nisbah 1:1:1. Pupuk dinyatakan memiliki analisis rendah bila jumlah zat hara yang tersedia di bawah 30 persen, dan disebut memiliki analisis tinggi bila kandungan zat hara di atas atau sama dengan 30 persen.

Dewasa ini dikenal pula pupuk organik yang sudah mengalami fermentasi dengan teknologi berbasis mikroorganisme. Kriteria C/N yang digunakan untuk pupuk organik harus mendekati C/N tanah, yaitu berkisar antara 20. Juga telah disintesa sejumlah bentuk pupuk dari persenyawaan organik yang mengandung N (urea, cyanamid). Walaupun pupuk tersebut dalam arti kimia bersifat organik, tetapi mereka tidak berasal dari sistem kehidupan. Zat hara dalam pupuk organik alam dan beberapa organik sintetis, seperti "bentuk-bentuk urea", mengalami perubahan ke bentuk tersedia secara bertahap, pupuk-pupuk ini memperpanjang periode ketersediaan hara.

Pupuk anorganik atau sintetis yang diproduksi di pabrik dapat digolongkan sebagai pupuk tunggal (Urea, DS, TS, ZK) dan pupuk majemuk

(NPK). Berdasarkan bentuknya dikenal sebagai pupuk cair (pupuk pelengkap cair), pupuk prill (tabur), pupuk butiran dan bentuk tablet (Urea, NPK dan sebagainya).

Karena bobotnya lebih kecil, dan berarti penanganannya juga berkurang, pupuk beranalisis tinggi cenderung untuk lebih murah untuk setiap satuan hara, dibandingkan yang beranalisis rendah, tetapi memerlukan pengetahuan mengenai dosis pemberian yang lebih tepat. Seharusnya analisis perlu dicantumkan dalam tiap karung. Di Indonesia, kadang-kadang terjadi pemalsuan-pemalsuan. Di Amerika Serikat, semua pupuk harus dicantumkan hasil analisisnya pada wadahnya tentang NPK, walaupun masih dapat terkandung bahan-bahan lain pula.

Kekurangan hara akan menyebabkan gejala defisiensi sedangkan bila berlebihan terjadi keracunan. Gejala kekurangan hampir sama dengan keracunan, misalnya kekurangan N (klorosis) pada tanaman padi.

Cara pemupukan dibedakan atas :

- disebar langsung (broadcast),
- pemupukan permukaan (top dressing),
- pemupukan di samping tanaman (side dressing),
- dalam larikan (band placement)
- diberikan di belakang bajak (plow sole placement)
- dilarik di sekeliling proyeksi tajuk tanaman (tanaman tahunan),
- pemupukan lewat daun (foliar application).

#### **8. 4.1. Pemupukan yang tepat**

Untuk memperkecil biaya pemupukan, praktek pertanian dilaksanakan untuk memberikan pupuk sekedar cukup untuk tambahan hara tanah yang tersedia dan menaikkan tingkat hara yang sesungguhnya diperlukan tanaman. Kebutuhan hara dari tanaman ditentukan dengan mengorelasikan tanggapan tanaman dengan kandungan mineral jaringan dan tanah. Sayangnya, total kandungan hara dalam tanah tidak selalu memberikan suatu gambaran yang benar mengenai ketersediaan hara yang berhubungan dengan nilai tukar kation dari tanah, reaksi tanah, dan siklus bahan organik.

Beberapa uji biologi untuk tanah telah dibuat dengan menggunakan tanaman yang peka atau mikroorganisme. Uji kimia secara cepat telah

dikembangkan walaupun sering tidak tepat. Pada banyak tanaman, kekurangan hara-hara tertentu yang memberikan gejala defisiensi yang khas, sering digunakan untuk teknik diagnosis. Petani yang baik tidak akan membiarkan kekurangan hara menjadi sedemikian hebat, lalu baru memupuknya.

Hubungan antara tingkat hara dan prestasi tanaman berbeda-beda menurut spesies tanaman dan jenis hara. Bagaimanapun, terdapat tanggapan umum terhadap tingkatan hara. Tingkatan defisiensi menghasilkan gejala tertentu dari kelaparan hara. Pada tingkatan lebih atas, walaupun gejala defisiensi mungkin belum nampak, tanamantanaman memberikan tanggapan terhadap pemupukan dengan kenaikan hasil atau penampilannya. Pada tingkatan hara tanah yang tidak memberikan respons nyata terhadap pupuk, tanaman dapat terus-menerus menunjukkan kenaikan tingkatan absorpsi hara, yang dikenal dengan istilah konsumsi mewah (*luxury consumption*). Pada tingkatan yang tinggi secara tidak normal atau tingkatan keracunan (*toxic levels*), pertumbuhan berkurang dan mungkin bahkan terjadi kematian. Tingkatan keracunan ini berbeda-beda untuk tiap hara. Boron mungkin menjadi beracun pada tanaman tertentu, pada saat jaringan hanya berisi 1 ppm.

Tingkatan tanggapan tanaman terhadap pupuk sebagian berhubungan dengan kapasitas produktif (*productive capacity*) dari tanah. Tanaman yang ditanam pada tanah-tanah dengan kapasitas produktif rendah menunjukkan respons maksimum pada pemupukan tingkatan rendah daripada pada tanah-tanah kapasitas produktif tinggi. Kapasitas produktif tergantung pada ketersediaan hara dan kondisi tanah dalam jangka panjang. Karena kekuatan-kekuatan yang membentuk keseimbangan antara tanah dan larutan tanah, pemupukan optimum biasanya tidak dapat tercapai dalam satu langkah singkat.

Bila sejumlah besar pupuk diberikan pada tanah dengan kapasitas produktif rendah, sebagian besar diboroskan dengan pencucian, terikat dalam bentuk tidak tersedia, atau distribusi tidak merata di seluruh tanah terkait dengan kebutuhan tanaman. Pemberian pupuk dalam tingkatan optimum untuk tanaman yang dilakukan secara terus-menerus, nampaknya menaikkan kapasitas produktif tanah, yang akhirnya dapat menaikkan potensi hasilnya.

Pupuk dapat berwujud padat, cair atau gas. Kebanyakan berwujud padat dan diberikan pada tanah. Pupuk dapat dilarutkan dalam air irigasi, atau diberikan pada dedaunan. Nitrogen dapat diberikan ke dalam tanah dalam bentuk gas ammonia ( $\text{NH}_3$ ), karena lebih berat dari udara dan larut secara cepat dalam air tanah. Waktu pemupukan diberikan sesuai dengan fase pertumbuhan dan jenis tanaman. Contoh tanaman semusim adalah padi, pemupukan diberikan sampai 3 kali yaitu pada fase awal pertumbuhan, fase vegetatif aktif dan fase pengisian biji. Pada tanaman tahunan setelah tanaman produktif, setiap kali panen diikuti dengan pemupukan hara makro dan mikro.

#### 8.4.2. Penempatan pupuk

Penempatan yang tepat dan saat pemberian merupakan faktor sangat penting dalam pemupukan. Tanggapan tanaman, penghindaran kerusakan dan ketidakreputan dan pemberian yang ekonomis harus diperhatikan. Agar efektif, pupuk harus diberikan di tempat dan saat tanaman memerlukannya. Pemberian setahun sekali untuk beberapa hara tertentu tidak cukup dan untuk hara yang lain tidak perlu. Pupuk-pupuk yang mudah larut, dengan konsentrasi tinggi tidak dapat diberikan pada tanaman-tanaman yang sedang tumbuh, terutama bila masih muda, karena kerusakan akibat garam.

Pada tanaman tahunan, atau tanaman setahun berumur panjang, ketersediaan hara lebih efisien diatur dengan pemberian berulang selama masa tanam. Ini terutama harus dilakukan untuk pemupukan nitrogen, karena jumlah berlebihan dapat diboroskan akibat pencucian, dan saat pemberian-pemberian sangat kritis dalam hal tanggapan tanaman.

Penempatan pupuk terdapat berbagai cara, yaitu pemberian secara *broadcast*, dengan cara menebar pupuk secara terserak secara merata pada permukaan tanah; biasanya dilakukan sebelum tanaman ditanamkan. Pemberian pada permukaan tersebut, mungkin tidak seefektif seperti cara *top-dressing*, yaitu penempatan pupuk langsung di atas tanaman tumbuh. Bila tanaman peka terhadap kerusakan (kebakaran pupuk), pupuk dapat ditempatkan sepanjang sisi tanaman sebagai *side dressing*. Pemupukan secara *side dressing* sering dilaksanakan bersama penyiangan, jadi tercampur dengan tanah. Pupuk juga dapat ditempatkan dalam Jaluran tak

terputus di antara barisan (*band placement*) atau dapat dijatuhkan di belakang bajak di dasar aluran (*plow-sole placement*).

Pupuk dapat diberikan bersamaan saat pemindahan tanaman, baik sebagai jalur di bawah tanaman atau dilarutkan dalam air tambahan untuk pemindahan, seperti larutan pemulai (*starter solution*). Pada pemupukan lewat daun (*foliar application*) pupuk segera diabsorpsi dan tanggapan tanaman dapat kentara dalam sehari dua hari, tetapi karena efek residu kecil, pemberian harus lebih sering dilakukan daripada pemberian lewat tanah. Pemberian lewat daun untuk N dan unsur-unsur mikro seperti boron dan mangan ternyata lebih praktis daripada seluruhnya lewat tanah.

Pemupukan bisa menjadi hal yang kritis. Pada tanaman buah-buahan tahunan, seperti apel dan persik, kelebihan N bertanggungjawab pada warna buah yang buruk dan buah lunak yang terjadi pada akhir musim dan daun tanaman menjadi peka terhadap kerusakan akibat musim dingin. Akibatnya N biasanya diberikan hanya sekali, pada awal musim semi, sehingga kelebihannya telah digunakan habis saat musim panas.

Di tempat-tempat dingin atau basah, dan di tanah yang buruk drainasenya, proses nitrifikasi kecil dan denitrifikasi oleh bakteri anaerob besar; pada saat-saat demikian tanggapan terhadap pemberian N juga besar.

Pada banyak tanaman, N diberikan beberapa kali selama musim tanam karena mudah tercuci, dan mudah beralih menjadi gas atau tak tersedia. Beberapa hara yang relatif tidak bergerak dalam tanah, seperti fosfor, paling baik diberikan sebelum tanaman disebar yaitu pada pengolahan tanah supaya dapat tercampur merata oleh bajak atau cangkul atau pada saat pembuatan lubang-lubang tanaman.

## 8.5. Pengairan

### 8.5.1. Kebutuhan air tanaman

Berdasarkan klasifikasi tanaman menurut kebutuhan airnya, satu tanaman yang ekstrem adalah hidrofita yang hidup dalam air. Golongan hidrofita sering dicirikan dengan kebutuhan oksigen yang rendah dan sistem perakaran yang berkembang buruk. Golongan mesofita membutuhkan air sedang, memiliki sistem perakaran yang berkembang baik, dan ditemukan pada tanah-tanah yang telah berkembang dan matang. Pada keadaan

ekstrem lainnya adalah xerofit, yang tumbuh pada habitat kering dan telah melalui berbagai adaptasi yang menyebabkannya tumbuh dan membiak di tanah-tanah yang sangat kering.

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

Pada umumnya tanaman banyak membutuhkan air pada awal tumbuhnya (*seedling stage*) di mana saat fase vegetatif dominan, sedangkan 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 dengan 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, akan bahaya bila titik layu permanen telah dicapai. Berbagai definisi kekeringan telah diajukan. Diantaranya yaitu suatu periode di mana keadaan air tanah membatasi pertumbuhan atau suatu periode di mana tanah berisi sedikit atau sama sekali tidak ada air. Pengertian lainnya adalah periode selama 14 hari terus-menerus dimana tidak ada hujan atau periode selama 21 hari atau lebih di mana hanya 30 persen terjadi hujan normal selama perioda tersebut.

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

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 permukaan 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 periode kekeringan dan memasuki daerah baru dari air tanah kapiler, kalau tidak demikian air tidak akan tersedia bagi tanaman. Ketahanan kekeringan pada spesies tertentu dipengaruhi kehadiran cendawan mikoriza.

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<sub>2</sub>, fungsi akar dalam absorpsi air malah terganggu. Karena itu drainase yang baik perlu dilakukan pada tanah yang kebanyakan air (basah).

Aerasi yang buruk sering diiringi dengan terjangkitnya 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 terkadang sistem perakaran berkembang menjadi seperti payung terbalik konfigurasinya, sehingga peka pada angin keras.

### 8.5.2. Pengelolaan air

Dalam hubungan dengan produksi tanaman, air harus dikelola secara baik dan ekonomis. Hal ini menyangkut (1) irigasi, yaitu penambahan suplemen air, (2) drainase, yaitu pembuangan kelebihan air dan (3) konservasi, yaitu perlindungan sumber-sumber air.

Irigasi, penggunaannya sejak zaman kuno, misal dengan shaduf, yang di Indonesia juga sering digunakan. Dalam cara-cara irigasi sekarang, air diberikan menurut tiga cara yaitu (1) irigasi permukaan, dimana air didistribusikan di seluruh permukaan tanah, (2) irigasi tipe siraman, yaitu pemberian air di bawah tekanan, seperti hujan buatan, dan (3) sub-irigasi,

yaitu distribusi air ke tanah di bawah permukaannya untuk memberi kelembaban kepada tanaman lewat gaya kapiler ke atas. Masing-masing sistem sesuai dengan sistem bertanam tertentu.

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.

Untuk tujuan pertanian, air diukur dalam istilah volume dan kecepatan alirnya. Volume diberikan dalam galon, 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<sup>3</sup> atau 100.000 liter. Kecepatan mengalir dinyatakan dalam liter per detik, liter per menit, hektar-sentimeter per hari dan sebagainya.

Irigasi permukaan, cara yang paling umum dikenal di Indonesia adalah sistem leb dari sawah. Air dibawa melalui 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 pant pembuangan air, untuk kelebihan air sesudah kapasitas lapang tercapai. Irigasi permukaan biasa diberikan kepada tanaman yang menutup rata tanah, seperti padi dan padang rumput. Cara leb yang dikenal yaitu *flood irrigation* dan *contour irrigation*. Untuk tanaman yang berbaris-baris digunakan *furrow irrigation*.

Irigasi siraman, di negara-negara yang telah maju, cara ini telah banyak dilakukan dengan pipa-pipa otomatis. Di Indonesia belum banyak dilakukan, kecuali untuk padang-padang rumput milik orang berada, tetapi cara siraman dengan tangan banyak dilakukan oleh petani, 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 ekonomis 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 seperti uniuk bawang merah di Brebes.

## 8.6. Konservasi Lahan

Konservasi lahan pertanian meliputi konservasi tanah dan air. Penyebab kerusakan lahan pertanian di daerah tropis terutama disebabkan oleh erosi, tindakan budidaya serta pembukaan hutan yang tidak terkendali.

Erosi tanah adalah suatu proses yang menyebabkan terlepasnya partikel-partikel tanah sebagai akibat adanya air, angin atau salju yang berlebihan. Akibat erosi menyebabkan menurunnya daya produktivitas lahan dan terganggunya nilai keseimbangan ekosistem lahan pertanian. Erosi di daerah tropis sebagian besar disebabkan karena hujan. Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah sebagian menyerap ke dalam tanah, sebagian kecil menguap dan sebagian lagi mengalir di permukaan tanah (*run off*), penyebab erosi. Erosi menimbulkan kerugian bagi kesuburan tanah yang meliputi kerugian permukaan tanah, fisika dan biologi tanah. Terhadap fisik tanah terjadi akibat terpecahnya agregat tanah, tersumbatnya pori-pori tanah sehingga sirkulasi air dan tanah akan terganggu. Jika erosi terjadi terus menerus dapat mengakibatkan hilangnya *top soil*, yang banyak mengandung bahan organik. Dengan demikian terganggu pula tingkat kesuburan haranya, dan juga mikroorganisme sebagai biologi tanah, yang membantu dalam proses pelapukan, humifikasi dan numeralisasi.

Berdasarkan bentuk kerusakan lahan akibat erosi dapat dibedakan sebagai berikut : erosi permukaan (*sheet erosion*), erosi percikan (*splash erosion*), erosi alur (*riil erosion*), erosi parit (*gully erosion*), tanah longsor (*land slider*), erosi tebing (*streaan erosion*), dan erosi dalam (*internal erosion*).

Upaya konservasi tanah dan air adalah untuk mencegah atau mengurangi tingkat pengikisan pada lereng atau tebing atau pada dasar permukaan tanah. Cara pengendalian erosi dapat dilakukan dengan cara vegetasi, cara mekanis dan cara kimia.

### a. Cara vegetasi

Penanaman hutan, perkebunan dan pola tanam dapat sebagai pelindung tanah dari erosi. Tanaman sebagai penutup tanah berfungsi :

- melindungi tanah dari erosi karena air hujan,
- melindungi tanah dari *run off* (aliran permukaan),

- memperbaiki struktur tanah,
- menambah bahan organik,
- memperbaiki kapasitas infiltrasi dan absorpsi tanah,
- mencegah pencucian hara,
- menjaga suhu tanah.

Tindakan budidayanya adalah berupa rotasi tanaman, penghijauan (*reboisasi*), *strip cropping*, penanaman rumput makanan ternak (*pasture*), menutup tanah dengan mulsa dan penanaman saluran pembuangan dengan rumput. Selain itu dikenal juga budidaya lorong (*alley cropping*) adalah teknologi budidaya untuk mempertahankan bahan organik dan kesuburan tanah dan menciptakan iklim mikro yang baik. Sistem ini merupakan penanaman tanaman pangan dengan leguminosae (*Erythrina paepigiana*, *Teophrosia vagelii*, *Leucania leucocephala*, *Stylosanthes hemata*, *Mimosa invisa*).

Keuntungan sistem budidaya lorong adalah :

- terjadi penambahan bahan organik yang kontinu,
- meningkatkan kadar N tanah, karena adanya leguminose,
- menciptakan agro-ekosistem yang baik, dengan terpeliharanya kesuburan tanah,
- mudah penerapannya karena dapat sebagai konservasi tanah dan air.

#### **b. Cara mekanis**

Cara mekanis ditujukan untuk mengurangi banyaknya tanah yang hilang dari permukaan tanah (*top soil*), dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- pengolahan tanah yang tepat, searah dengan kontur,
- pembuatan galengan dan saluran searah kontur,
- pembuatan waduk, rorak, tanggul,
- pembuatan teras dan sengkedan,
- pembuatan drainase.

#### **c. Cara kimia**

Cara kimia terutama ditujukan untuk memperbaiki struktur tanah. Upaya itu dapat dilakukan dengan penggunaan senyawa kimia baik sintetis atau alami. Bahan pemantap tanah (*soil conditioner*) bertujuan untuk meningkatkan daya ikat antar partikel-partikel tanah.

Cara pemberian bahan pemantap tanah dapat dilakukan dengan penyemprotan langsung ke arah permukaan tanah, dicampur dengan tanah secara merata dan dengan cara memasukkan langsung ke dalam lubang tanam.

### 8.7. Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman

Penggangu tanaman (*pest*) mencakup semua bentuk hidup yang merusak tanaman merupakan spektrum biologi yang sangat luas, dari virus yang sukar dilihat sampai tikus dan babi hutan. Pengganggu dapat dikelompokkan dalam istilah-istilah yang lebih luas seperti patogen, predator dan gulma; efek merugikannya adalah berturut-turut penyakit, kerusakan dan persaingan. Perkiraan kerugian akibat pengganggu untuk pertanian dunia sampai mencapai 33 persen.

Beberapa pengganggu memiliki daya merusak yang mengerikan sehingga dapat menihilkan seluruh tanaman. Yang lainnya kurang spektakuler, tetapi sama merugikannya dalam jangka panjang sebab terus menerus mengikis sementara kerusakan berjalan tanpa kita perhatikan. Kerugian yang ditimbulkan sangat besar terutama pada tanaman padi. Penggerek padi (*Tryporyza* spp.) menimbulkan gejala sundep dan beluk yang berat pada tahun 1950/51, 1960/61, 1961/62, 1967/68 dan 1972/73. Hama wereng (*Nilaparvata lugens*) tinggi serangannya pada musim kemarau Januari musim hujan tahun 1969 - 1973.

Pemberantasan pengganggu tanaman merupakan satu disiplin dalam pertanian yang disebut proteksi tanaman. Suatu teknologi yang telah sangat terspesialisasi dan selalu berubah dengan cepat, telah dikembangkan dalam pemberantasan pengganggu tertentu (mikroorganisme, nematoda, serangga dan gulma).

Walaupun teknik pemberantasan berbeda menurut pengganggu dan tanamannya, pendekatan dasarnya adalah dengan mencampuri beberapa tahap kehidupan dari pengganggu tersebut atau dengan melindungi tanaman inangnya. Perlakuan yang paling berhasil adalah dengan pencegahan (preventif) dan bukannya penyembuhan (kuratif). Pencegahan bertujuan menahan, mencegah kerusakan dan bukan menyembuhkan tanaman-tanaman yang telah terserang.

Semua cara tergantung pada pengetahuan yang mendalam mengenai

penyebab biologisnya, sejarah dan ekologi secara alami, terutama pertalian khasnya dengan tanaman inangnya. Pemberantasan yang berhasil sering tergantung pada penggunaan yang tepat dari banyak cara yang berbeda. Pengendalian Hama Terpadu (PHT) yaitu pengendalian yang dilaksanakan dengan memperhatikan segi ekonomis dan kelestarian lingkungan. Komponen pokok PHT yaitu (1) pengendalian secara teknik budidaya, (2) pengendalian secara kimia, dan (3) pengendalian secara hayati.

Pengamatan hama, dalam hal ini penting diketahui Nilai Ambang Ekonomi (NAE) yaitu batas yang menunjukkan kepadatan suatu populasi hama tertentu yang bisa menimbulkan kerugian bila dibiarkan. NAE untuk tanaman padi bagi penggerek padi yaitu 2 ekor ngengat/m<sup>2</sup>, untuk tanaman kubis oleh ulat kubis (*Plutella xylostella*) 1 ekor per 10 tanaman.

#### **a. Cara Budidaya**

Cara teknik budidaya digunakan untuk mengurangi populasi pengganggu yang efektif, mencakup pembuangan tanaman-tanaman atau benih sakit atau terserang (*roguing*), pemotongan bagian-bagian tanaman yang terserang atau pembuangan sisa-sisa tanaman yang dapat merupakan biakan pengganggu (*sanitation*).

Pengurangan populasi pengganggu dapat dicapai dengan menggilir dengan tanaman yang tidak peka terhadap pengganggu tertentu (*rotasi*). Populasi gulma dapat dikurangi dengan rotasi menggunakan tanaman-tanaman yang beradaptasi baik terhadap gulma, yang mengalahkannya, seperti pupuk hijau, atau jagung ataupun singkong. Kadang-kadang pengolahan tanah, yang digunakan sewaktu rotasi, yang menyebabkan gulma terberantas, misalnya, penyiangan tanaman-tanaman berjalur (jagung, kacang-kacangan) dapat mengurangi gulma rumput-rumputan untuk penanaman padi berikutnya. Penanaman *Crotalaria* sebagai rotasi, dapat menarik nematoda dari sekitarnya untuk hidup dan membiak di situ, tetapi karena siklus hidupnya tidak lengkap, dapat berakibat punahnya populasi nematoda tersebut.

Tidak seperti hewan, tanaman tidak memiliki mekanisme antibodi yang dapat digunakan untuk melawan penyakit, jadi tidak dapat dibuat imun dengan vaksin, namun keadaan fisiologi tanaman dapat diubah untuk

mempengaruhi kesanggupannya baik untuk menahan invasi oleh patogen atau untuk mengatasi pengaruhnya yang merugikan. Misalnya penyakit layu pembuluh pada kapas, yang disebabkan *Verticillium albo-atrum* dapat dikompensasikan dengan pemberian pupuk, yang akan menyebabkan secara harfiah tanaman mendahului pertumbuhan patogen. Teknik kebalikannya digunakan untuk penyakit layu bakteri pada tomat, dimana infeksi dan pertumbuhan bakteri penyebabnya luar biasa cepatnya pada tanaman-tanaman yang sukulen dan tumbuh subur.

Memperlambat pertumbuhan pohon dengan menghilangkan pemupukan N berlebihan atau dengan menghindari pemangkasan secara ekstensif merupakan salah satu cara untuk memberantas penyakit. Pemberian hara anorganik memberikan proteksi pada beberapa keadaan. Misalnya penyakit bengkak akar (*clubroot*) pada kubis, tampak berkurang keganasannya bila perbandingan kalsium terhadap kalium dalam tanah berkurang.

Populasi pengganggu dapat dikurangi dengan cara-cara yang mencegah lingkungan menjadi *favorable*, mencakup praktek-praktek yang luas aspeknya seperti drainase tanah, penggunaan tanah, pemangkasan untuk mengurangi kerapatan daun dan untuk menaikkan kecepatan pengeringan, dan pengubahan suhu dan kelembaban. Penyakit kudis pada kentang biasanya diberantas dengan menurunkan pH tanah, atau menghindari tindakan pengapuran yang dapat menaikkan pH tanah.

Banyak pengganggu tanaman yang ganas datang dari daerah lain. Walaupun pemisahan patogen dari tanaman tidak dapat diundangkan, suatu tindakan pengamanan melawan peluasan pengganggu antara negaranegara bertetangga dapat dipaksakan dengan karantina tumbuh-tumbuhan — larangan terhadap impor tanaman atau produk tertentu, banyak negara melarang pengiriman tanaman-tanaman yang tidak diperiksa.

## **b. Cara Fisik**

Cara-cara fisik dapat digunakan untuk melindungi tanaman dalam melawan gangguan atau menghilangkan pengganggu seluruhnya, mendirikan barrier-barrier fisik untuk melindungi tanaman merupakan perlakuan yang telah berlangsung sejak kuno.

Perangkap juga telah digunakan untuk menangkap serangga (*light-trap*).

Zat penarik (*attractant*) dari berbagai tipe digunakan untuk memancingnya ke larutan yang mematikan, termasuk "black light" (dengan gelombang 3.400-3.800 Å), berbagai bunyi dan bahan-bahan kimia. Perangkap-perangkap tikus juga merupakan contoh pemberantasan fisik yang umum digunakan.

Teknik secara fisik digunakan melawan mikroorganisme jelas sekali sukar. Bila kehadirannya menjadi ketahuan lewat gejala yang ditimbulkannya, sangatlah sukar untuk merusak mereka secara fisik tanpa merusak tanaman inangnya. Barangkali cara yang paling berhasil adalah menggunakan panas. Perlakuan air panas digunakan untuk memusnahkan patogen-patogen tertular biji (*seed-borne*) atau tertular tanaman (*plant-borne*), misalnya "loose smut", suatu penyakit cendawan pada gandum; penyakit busuk hitam, suatu penyakit bakteri pada kubis; nematoda pada tanaman stroberi dorman. Perlakuan panas juga efektif dalam menonaktifkan beberapa virus, menguapi tanah-tanah pot merupakan cara-cara dalam rumah kaca untuk menghilangkan banyak pengganggu tanah, termasuk cendawan, nematoda dan biji-biji gulma.

Pemberantasan secara fisik masih banyak dilakukan untuk pengendalian gulma; menarik dan membongkar gulma merupakan cara tertua dan paling sederhana. Kored masih merupakan alat pertanian dasar di banyak bagian dunia. Banyak cara-cara mekanisasi dikembangkan untuk membuat proses tersebut menjadi otomatis. Prinsipnya adalah dengan memotong, mencincang, atau menutup gulma dan dengan demikian membinasakannya. Gulma yang membiak dengan akar (seperti alang-alang) sukar untuk diberantas dengan cara-cara penyiangan begini.

Cara fisik lain dalam pembinasaan gulma adalah dengan memberi mulsa (*mulching*) dan pembakaran. Lembaran *polyethylene* hitam telah bermanfaat dalam pemberantasan gulma, tetapi harganya membatasi penggunaannya hanya pada tanaman-tanaman yang mahal seperti tanaman sayuran atau stroberi. Pembakaran juga sering dilakukan, misal pada gulma tanaman kapas dan bawang bombai.

### **c. Cara kimia**

Secara kimia, yaitu dengan penggunaan pestisida. Dalam hal ini harus diperhatikan dalam penggunaannya baik jenis maupun cara kerjanya.

Berdasarkan cara kerjanya pestisida digolongkan dalam (1) kontak, (2) racun perut, (3) sistemik dan (4) fumigan. Berdasarkan formulasinya digolongkan dalam (1) cair, (2) tepung, (3) granula dan (4) pasta. Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pengendalian ini yaitu (1) cara aplikasi pestisida, (2) waktu aplikasi, (3) alat yang digunakan, (4) konsentrasi pestisida (konsentrasi formulasi, konsentrasi bahan aktif dan konsentrasi larutan), termasuk dalam cara kimia juga dalam penggunaan atraktan, *repellent* (penarik, penolak) dan chemosterilan.

Selektifitas, pestisida merupakan nama golongan dari semua bahan kimia yang digunakan untuk memberantas pengganggu, biasanya toksik pada beberapa tahap kehidupan pengganggu. *Repellent* termasuk ke dalam pestisida suatu persenyawaan yang barangkali tidak beracun secara aktif, tetapi membuat tanaman tidak menarik predator karena baunya, rasa atau sifat-sifat fisik lain.

Pestisida yang selektif adalah yang membunuh suatu organisme tetapi tidak membahayakan yang lain, tetapi selektifitas merupakan konsep yang relatif, tergantung pada interaksi dari banyak faktor baik dosis, saat pemberian, cara pemberian, sifat-sifat kimia dan fisik dari bahan yang diberikan, serta status genetik dan fisiologi dari organisme yang terlibat. Pestisida yang nonselektif membunuh tanpa pandang bulu. Pada umumnya pestisida bersifat selektif sampai derajat tertentu, sehingga pestisida digolongkan menurut organisme yang dipengaruhinya, misalnya bakterisida, fungsida, nematisida, mitisida/akarisisida, insektisida, herbisida dan rodentisida.

Banyak pestisida bersifat selektif dalam suatu kelompok besar organisme. Contohnya insektisida, dapat digolongkan menurut kekuatannya sebagai racun perut atau racun kontak. Racun perut biasanya digunakan melawan serangga mengunyah, dicerna bersama bahan yang dikunyah dan menimbulkan kematian bila mencapai perut. Karena serangga-serangga pengisap memakan cairan tanaman (sap) dan tidak mencerna bahan-bahan luar, mereka jarang dipengaruhi racun perut. Mereka harus diberantas dengan racun kontak, yang membunuh dengan menembus badan serangga secara langsung atau memasuki lewat pernapasan atau pori-pori saraf.

Herbisida, bahan kimia yang membunuh tanaman, diabsorpsi oleh ta-

naman dan mengakibatkan kematian dengan memberikan reaksi keracunan. Yang hanya membunuh bagian tanaman yang terkena (persenyawaan dinitro, minyak dan arsenik) disebut herbisida kontak; herbisida lainnya ditranslokasi dalam tanaman (misal 2,4-D) disebut herbisida non-kontak, atau herbisida ditranslokasi.

Selektifitas dapat ditimbulkan dengan mengarahkan herbisida kontak jauh dari tanaman pertanian (toleransi posisi) atau dengan memanipulasikan perbedaan morfologi antara gulma dengan tanamannya (termasuk kutikula berlilin, bentuk dan arah daun, letak titik-titik tumbuh). Selektifitas dapat juga tercapai dengan mengatur dosis.

Pada konsentrasi tinggi, 2,4-D dapat membunuh segala tanaman, sedang pada dosis rendah dapat secara efektif digunakan untuk membunuh secara selektif. Selektifitas masih dapat dicapai dengan cara yang lain, yaitu dengan menggunakan beda fisiologi antara tanaman-tanaman. Selektifitas fisiologi dapat berubah secara drastis sesuai dengan tahap pertumbuhan. Banyak herbisida paling efektif digunakan pada saat perkecambahan dan pertumbuhan awal.

Sifat-sifat fisik dan kimia, banyak sekali persenyawaan-persenyawaan, anorganik dan organik, alami dan sintetik, yang bersifat pestisida. Dewasa ini, pestisida dapat ketinggalan zaman secara cepat, karena bahan-bahan baru atau yang diperbaiki terus-menerus dikeluarkan oleh industri-industri besar.

Fungisida dan insektisida yang mula-mula adalah garam-garam anorganik dari logam-logam seperti tembaga, merkuri, timbal, dan arsen; banyak yang dewasa ini masih berfaedah. Persenyawaan-persenyawaan organik alami muncul terkemuka pada abad 19, termasuk insektisida-insektisida berasal dari tanaman: nikotin, pirethrum dan rotenon. Industri pestisida modern didasarkan pada bahan-bahan organik sintetik. Industri menjadi giat karena dua bahan yang berhasil secara luas digunakan yaitu DOT dan 2,4-D, nama yang sekarang hanya istilah biasa.

Pestisida dapat diberikan dalam berbagai bentuk dan cara. Pemberian yang efisien memerlukan penutupan secara merata pada tingkatan yang terkendalikan. Tidaklah praktis memberikan bahan kimia dalam bentuk murninya, maka diberikan dalam pengenceran dengan karier yang tepat. Bila kariernya padat (talek, hat), pestisida diberikan sebagai debu (dust).

Pemberian bentuk debu mempunyai keuntungan dalam hal ringannya dan cocok untuk pemberian dengan pesawat terbang atau helikopter. Akan tetapi debu sukar untuk diberikan secara seragam, dan tidak bertahan lama. Tambahan pula beberapa bahan (misal minyak) tidak dapat diberikan dengan cara ini.

Kerugian ini dapat diatasi dengan penggunaan karier cair, biasanya air, di mana bahan-bahan kimia dapat dilarutkan, disuspensikan, atau diemulsikan. Bahannya lalu diberikan dengan tekanan dalam tetes-tetes berbagai ukuran, tetapi biasanya dalam bentuk semprotan (spray). Kekurangan karier air ini dalam hal bobot dan banyaknya yang dapat diatasi dengan menggunakan konsentrasi tinggi dari bahan-bahan aktif dan mencapai dispersi dengan hembusan udara. Pada permukaan tanaman yang berkulit tebal, spray membentuk titik-titik dan bukan merupakan lapisan yang sinambung. Dispersi yang tidak teratur ini dapat diatasi dengan memberikan bahan pembasah (*wetting agents*), yaitu bahan kimia yang mematahkan tegangan permukaan.

Masih dikenal pestisida yang aktif sebagai gas dan disebut fumigan, yang sangat berfaedah untuk pemberantasan dalam tanah. Untuk menghindari fumigan keluar tanah, dapat ditutup plastik, digenangi air atau permukaan tanah dipadatkan.

Pestisida dapat bersifat sistemik atau nonsistemik. Pestisida sistemik diabsorpsi oleh tanaman dan ditranslokasi di dalamnya, membuat tanaman dengan sendirinya toksik atau *repellent* terhadap pengganggu. Penggunaannya pada tanaman pangan dibatasi, kecuali bila dapat terurai sebelum dikonsumsi. Kerja pestisida nonsistemik berlangsung pada permukaan tanaman, walaupun dapat terisap sampai tingkatan tertentu.

*Saat pemberian*, keefektifan pemberantasan secara kimia biasanya tergantung pada saat pemberian. Pestisida tertentu dapat tidak sama toksiknya pada semua bentuk pengganggu tertentu, dan ini juga merupakan hal yang tidak perlu. Biasanya suatu tahap atau tahap lainnya peka, dan inilah mengapa saat pemberian sangat penting. Mata rantai yang lemah mungkin ditemukan sewaktu spora cendawan berkecambah, tahap larva *muds* pada serangga, atau serangga vektor dari penyakit virus, biji gulma berkecambah.

Bagi kebanyakan penyakit, pemberantasan kimia harus dilakukan se-

belum gejala sakit nampak. Misalnya, sangatlah sukar membunuh cendawan sesudah mereka memasuki tanaman, tetapi pemberantasan dapat tercapai dengan bahan-bahan yang mematikan atau mencegah spora berkecambah ke dalam tanaman.

Saat pemberian penting terutama dalam pengendalian gulma. Selektivitas dapat tercapai untuk fumigan dan herbisida nonselektif lain, bila diberikan sebelum tanaman ditanamkan (*preplanting treatment*). Herbisida selektif sebelum tanam juga tersedia yang menyerang biji-biji gulma tanpa merusak biji atau bibit tanaman budidaya. Pemberian sesudah tanaman ditanamkan tetapi sebelum muncul dari tanah disebut *pre-emergence treatments*.

Cara kerja dari bahan-bahan ini terbatas pada permukaan tanah. Supaya efektif, bahan-bahan *pre-emergence* harus dapat menutup secara baik dan secara relatif tahan pencucian. Kelembaban tanah biasanya kritis karena air bisa untuk mengaktifkan herbisida tersebut walaupun kelebihan air dapat menyebabkan pencucian. Herbisida *pre-emergence* secara fisiologi selektif terhadap gulma dan tanamannya. Selektifitas dapat ditingkatkan dengan perkecambahan biji gulma yang terjadi lebih dulu. Perkecambahan biji tanaman biasanya agak tertunda karena kedalaman tanam dan waktu yang dibutuhkan untuk imbibisi air dulu.

Pemberian herbisida pada tanaman yang sedang tumbuh disebut perlakuan film *emergence*. Selektifitas harus diusahakan tepat posisinya, misal sewaktu menyemprotkan, tanamannya ditutupi plastik, atau sewaktu disemprotkan titik-titik tumbuh tanaman terlindung, tetapi titik tumbuh gulma terbuka.

Pengaruh menguntungkan dari bahan-bahan kimia harus diimbangi usaha melawan daya merusaknya. Untuk memberikan penggunaan yang tepat dan aman beberapa aturan dibuat, terutama bila bahan-bahan tersebut digunakan untuk bahan pangan. Harus diperhatikan agar dapat terjamin kerusakan yang timbul oleh kerusakan obat lebih kecil dari yang ditimbulkan pengganggunya. Beberapa bahan kimia meninggalkan residu tanah yang mungkin mencampuri pertumbuhan tanaman atau penggunaan tanah di masa depan (polusi bahan kimia).

Akhirnya, menghilangnya bahan-bahan ini mungkin dengan penguapan,

perombakan secara kimia, dekomposisi biologi, pencucian, atau absorpsi pada koloid tanah. Beberapa pestisida bersifat fitotoksik dan menurunkan basil serta mutu tanaman, tetapi yang paling perlu diperhatikan adalah kemungkinan bahwa pestisida atau bahan-bahan rombakannya yang membahayakan, dapat bertambah dalam produk tanaman atau pada hewan yang memakannya dan akan membahayakan manusia.

Semua bahan kimia memiliki dosis yang tidak toksik dan dosis toksik. Bila dosis naik, menjadi merusak dan akhirnya beracun. Beberapa zat lain tidak memiliki efek nyata pada dosis rendah tetapi menumpuk dalam bagian tubuh tertentu. Hal ini benar-benar masalah, risikonya banyak bagi konsumen maupun orang yang memberikannya yang akibatnya tidak tertahankan.

#### **d. Cara biologi**

Pengendalian secara biologi atau hayati yaitu menggunakan musuh-musuh alam yang berupa parasit, parasitoid, prodator dan patogen. Pengendalian secara biologi memiliki keuntungan dari segi kelestarian lingkungan yaitu tidak menimbulkan efek samping (keracunan), tidak terjadi resistensi hama, tidak menimbulkan resurgensi hama (letusan hama), tidak ada residu pada tanah, air, udara dan tanaman, tidak memusnahkan jasad bukan sasaran, serta dengan demikian secara ekonomis menguntungkan, aman dan permanen.

Pengganggu tanaman dapat pula diberantas dengan manipulasi faktor-faktor biologi. Pemberantasan biologi dapat tercapai dengan mengarahkan kompetisi alami antara organisme. Misalnya, dengan mengintroduksi parasit atau predator alami dari pengganggu atau menggunakan resistensi alami pada tanaman inang. Masih ada cara yang lebih halus yang dapat mempengaruhi perkembangan pengganggu. Misalnya dengan melepaskan sejumlah besar serangga jantan yang telah diradiasi agar mandul. Pemberantasan secara biologi merupakan cara yang menarik, sebab sekali digunakan akan berlangsung tanpa pengaruh manusia, dan bahaya-bahaya bahan kimia dapat dihindari.

*Predator alami.* Suatu contoh dari pemberantasan biologi yang berhasil adalah dengan introduksi predator alami pada kutu jeruk di Kalifornia. Hama

tersebut terus terkendalikan sampai meluasnya DDT menyebabkan matinya predatornya. Hal yang sama terjadi dengan hama *Plutella maculipennis* pada kubis yang dapat diparasit *Angitia*. Contoh yang lebih baru adalah penggunaan spora *Bacillus thuringiensis* untuk memberantas ulat. Pemberantasan secara biologi juga dapat dilakukan terhadap gulma.

Introduksi predator paling sesuai digunakan pada pemberantasan hama yang tidak memiliki predator atau penyakit secara alami, atau musuh-musuh lain. Untuk predator yang diintroduksi, supaya berhasil mereka harus hidup dan berkembang pada habitat baru dan tidak merusak tanaman-tanaman pertanian. Hanya predator yang sangat selektif dalam kebiasaan makan yang dapat diimpor. Karena luasnya daerah yang harus diatasi, dan masalah-masalah yang timbul bersamaan, cara-cara pemberantasan ini hams dilakukan oleh dinas-dinas (pemerintah) dan bukan oleh petani perseorangan.

*Resistensi genetik.* Penggunaan resistensi genetik, kesanggupan secara bawaan dari tanaman untuk menahan pengaruh merusak dari patogen atau predator, merupakan cara ideal untuk pemberantasan. Resistensi bervariasi, dari not (*susceptibility* = kepekaan), ke parsial, sampai lengkap (*immunity*). Toleransi (*tolerance*) merupakan suatu tipe resistensi di mana tanaman menderita infeksi dan sedikit kerusakan, tetapi sanggup hidup dengannya dan masih mampu memproduksi.

Banyak tanaman diketahui memiliki resistensi terhadap virus, bakteri, fungi dan nematoda. Tanaman-tanaman ini memiliki resistensi karena roman struktural atau pengaruh biokimiawi yang dapat menghambat atau mencegah masuknya dan bertahannya pengganggu tertentu. Resistensi dapat terjadi secara kompleks atau secara tunggal. Beberapa tanaman memiliki resistensi pada sekelompok patogen sedangkan yang lainnya hanya memiliki resistensi spesifik terhadap ras atau spesies tertentu.

Kombinasi antara resisten dan mutu atau daya hasil merupakan tujuan utama dari pemulia-pemulia tanaman. Di mana patogen dan tanaman sating beradaptasi (seperti pada parasit obligat), hubungan erat terdapat antara resistensi genetik dari tanamannya dan kemampuan genetik dari patogen untuk merusak atau mengatasi resistensi ini. Timbulnya ras baru dari patogen akibat mutasi atau introduksi merupakan masalah besar yang

dihadapi pemulia tanaman, dan mengombinasikan resistensi genetik jangka panjang pada beberapa penyakit, telah mengilhami pencarian resistensi secara luas atau sifat toleransi.

*Keseimbangan biologi.* Keseimbangan biologi yang terdapat dalam lingkungan alami tidak dapat diabaikan dalam proteksi tanaman. Perusakan keseimbangan oleh fluktuasi lingkungan merupakan gejala alami. Pertanian, pada dasarnya, mengganggu keseimbangan biologi secara alami tetapi tidak bertindak tersendiri.

Misalnya, sering bila suatu fungisida mengganti yang lain, cendawan yang dulunya hanya patogen minor dapat mulai menyebabkan kerusakan-kerusakan hebat (karena organisme yang antagonik dengannya terbunuh oleh fungisida baru tersebut). Lebih lanjut, patogen bukanlah suatu faktor statis. Varietas-varietas resisten baru dan pestisida-pestisida baru dapat bertindak sebagai alat *screening* untuk seleksi tipe-tipe resisten. Jadi banyak serangga, contoh lalat, telah menjadi resisten kepada DDT. Serupa halnya, perkembangan varietas tanaman yang resisten karat segera dinihilkan dengan pembentukan ras virulen baru dari cendawan karat tersebut.

### 8.8. Panen dan Pascapanen

Panen merupakan kegiatan budidaya, setiap produk pertanian yang kita usahakan berujung dengan panen. Berbagai cara panen dapat dilakukan, mulai dari cara konvensional sampai dengan cara modern menggunakan alat-alat canggih yang serba otomatis.

Hubungannya dengan panen, terdapat istilah produksi, produktivitas; produktivitas adalah hasil tanaman persatuan luas, contohnya 7 ton/ha, 250 g/petak, 15 kg/bedengan, dan seterusnya, sedangkan produksi adalah hasil tanaman dalam kurun waktu tertentu di suatu wilayah, contohnya produksi padi Jawa Barat tahun 2015 sebesar 9 ton.

Faktor-faktor yang mempengaruhi panen adalah faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal meliputi jenis komoditas, nilai gizi dan karakter komoditas tersebut, seperti kadar air, kandungan serat, hormon dan sebagainya; sedangkan faktor eksternal meliputi faktor iklim seperti suhu, kelembaban, cahaya, curah hujan, dan teknik budidaya.

Kegiatan pascapanen ditentukan juga oleh jenis komoditas sebagai

faktor internal dan faktor luar / eksternal yang merupakan tahapan-tahapan proses pascapanen dengan tujuan agar komoditas dapat disimpan lama tanpa kehilangan kualitas yang berarti, juga dapat didistribusikan ke tempat yang cukup jauh dengan kualitas hasil yang masih baik.

Secara umum, tahapan pascapanen komoditas pertanian meliputi : pembersihan (*cleaning*), pemisahan (*sorting & grading*), pengeringan (*drying*), dan penyimpanan (*storing*), disamping ada pengemasan (*packing*) untuk beberapa jenis komoditas tertentu yang membutuhkan kemasan tertentu untuk penyimpanan dan distribusi.

## Bab 9

---

# Sistem Usahatani

### 9.1. Usahatani Terpadu

Menurut Gunawan Satari (1977), usahatani terpadu adalah bentuk usahatani yang memadukan aneka kegiatan usahatani dalam produksi tanaman dan hewan dengan berlandaskan azas optimalisasi pengelolaan usahatani, iklim setempat dan tenaga kerja keluarga petani.

Tujuan usahatani terpadu adalah :

- meningkatkan jumlah dan frekuensi pendapatan petani,
- memenuhi sebagian atau sebagian besar atau sepenuhnya kebutuhan pangan bergizi bagi keluarga petani,
- mengefisienkan penggunaan tenaga kerja keluarga petani sepanjang tahun,
- memelihara kelestarian produktivitas tanah usahatani melalui pengelolaan tanah yang tepat, pengaturan pola tanam dan penambahan bahan organik (pupuk kandang).

Adapun sasaran pokok usahatani terpadu adalah:

- pemenuhan kebutuhan pangan,
- peningkatan pendapatan petani,
- perluasan kesempatan kerja di pedesaan,
- membantu menumbuhkan perekonomian nasional.

Faktor-faktor yang mempengaruhi usahatani terpadu, yaitu :

- faktor biofisik meliputi curate hujan, topografi, evaluasi dan jenis tanah,

- faktor sosial ekonomi (pasar, modal dan sebagainya),
- faktor kebijaksanaan pemerintah, meliputi penyuluhan, penyediaan saprodi dan sebagainya.

Berdasarkan faktor penentu di atas, maka dapat dikembangkan pola sebagai berikut :

- a. produksi tanaman : tanaman pangan, tanaman non pangan atau tanaman industri,
- b. produksi hewan : ternak, unggas, ikan dan sejenisnya (suplai bahan hijauan dan bahan pakan dapat ditanam sebagai salah satu jenis tanaman).

## 9.2. Sistem Pertanian Terpadu

Paduan dari berbagai usahatani dalam suatu pertanian menjamin pertumbuhan dan stabilitas dalam produktivitas dan profitabilitas keseluruhan. Hal tersebut juga menjamin daur ulang residu dan optimalisasi sumberdaya, meminimalkan risiko dan penambahan lapangan kerja. Berbagai usaha yang dapat dimasukkan dalam sistem pertanian adalah tanaman, sayuran, buah-buahan, budidaya bunga, unggas, ikan, kambing, kulturseri, budidaya jamur, agroforestry, pemeliharaan lebah, silviculture, *agro-based industries* dan pengolahan makanan. Gabungan yang bijaksana dari berbagai usaha yang saling mengisi untuk pertanaman dan cocok dengan situasi pertanian yang diberikan dan pilihan petani akan mendatangkan kesejahteraan yang menyeluruh.

Sistem pertanian adalah suatu susunan yang kompleks yang saling berhubungan dari tanah, tanaman, hewan, peralatan, tenaga, pekerja, modal dan input lainnya yang dikendalikan sebagian oleh suatu badan tani dan dipengaruhi oleh bermacam tingkat politik, ekonomi, institusional dan kekuatan sosial yang beroperasi pada berbagai tingkat. Dalam sistem pertanian, pertanian dilihat sebagai suatu cara yang holistik. Petani dijadikan subjek pada berbagai pembatas sosio-ekonomi, biofisik, institusional, administratif dan teknologi. Sistem pertanian secara konsep adalah suatu kumpulan dari berbagai elemen dan komponen yang berhubungan satu sama lain dan saling berinteraksi. Pada pusat interaksi terdapat kontrol pelaksanaan petani dan pilihan menurut tipe dan hasil interaksi.

Sistem pertanian adalah strategi pengelolaan sumber daya untuk memperoleh ekonomi dan produksi yang berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga pertanian sambil melestarikan sumber daya dan memelihara kualitas lingkungan pada tingkat produktivitas yang tinggi.

### **9.2.1. Konsep sistem pertanian terpadu**

Dalam sistem pertanian, semua aktifitas, kebijakan, pengelolaan input/output, pembelian/penjualan, dan penggunaan sumberdaya membuat suatu susunan yang berinteraksi dengan lingkungan sosioekonomi dan biofisik. Aktifitas pertanian berinteraksi dengan kekuatan pasar (sosio ekonomi) dan ekosistem (biofisik) untuk memperoleh input dan melepas output dengan menggunakan dan menguraikan sumberdaya alami (lahan/tanah, air, udara, cahaya matahari, dB). Berkelanjutan adalah tujuan dari sistem pertanian dimana proses produksi dioptimalkan melalui penggunaan input yang efisien tanpa merusak kualitas lingkungan yang berinteraksi dengannya.

Tujuan keseluruhan adalah untuk mengembangkan model sistem pertanian yang mudah dikerjakan secara teknik dan mapan secara ekonomi dengan menggabungkan penanaman dengan usaha yang bergabung untuk area yang teririgasi, memperoleh hujan, berbukit, dan pesisir pantai dengan pandangan memperbanyak pendapatan dan pekerjaan dari pertanian. Tujuan spesifik model sistem pertanian terpadu adalah:

- Untuk mengidentifikasi sistem pertanian yang ada di area tertentu dan memperkirakan viabilitas relatif dari sistem tersebut.
- Untuk merumuskan model sistem pertanian yang melibatkan usaha utama dan gabungan untuk situasi pertanian yang berbeda.
- Untuk menjamin penggunaan optimal dan konservasi dari sumberdaya dan daur ulang yang efektif dari residu pertanian dalam suatu sistem.
- Untuk memelihara sistem produksi yang berkelanjutan tanpa merusak sumberdaya/lingkungan

### **9.2.2. Wawasan sistem pertanian**

Usaha pertanian termasuk tanaman, ternak, unggas, ikan, pohon, tanaman perkebunan, kulturseri, dll. Kombinasi dari satu usaha atau lebih

dengan pertanaman ketika dipilih dengan saksama dan dilaksanakan, memberikan keuntungan yang lebih besar dari usaha tunggal, terutama untuk petani kecil dan marjinal. Pertanian sebagai suatu unit harus dipertimbangkan dan direncanakan untuk penggabungan yang efektif dari usaha-usaha yang akan digabungkan aktifitas produksi tanaman. Penggabungan usahatani bergantung pada banyak faktor, seperti:

- Ciri-ciri iklim dan tanah dari area yang dipilih,
- ketersediaan sumberdaya, lahan, tenaga kerja dan modal,
- tingkat penggunaan sumberdaya yang ada,
- nilai ekonomi dari sistem pertanian terpadu yang diajukan,
- kemampuan manajemen petani.

### 9.2.3. Hidroponik

Untuk meningkatkan potensi basil dari setiap jenis tanaman juga dapat dilakukan dengan kultur hidroponik. Hidroponik adalah sistem tanam tanpa media tanah, misalnya dapat dilakukan pada media air, arang sekam, pasir dan sebagainya, dengan suplai hara yang terkendali.

Menurut Gerick, hidroponik berasal dari kata *hidro* yang berarti air dan *ponik* dari asal kata "pons" yang berarti kerja. Selain itu juga ada istilah yang dikenal *geophonics* yang artinya budidaya pada lahan pertanian. Dengan demikian hidroponik dapat diartikan sebagai kegiatan bercocok tanam tanpa tanah. Biasanya tanaman yang dibudidayakan dengan sistem ini adalah tanaman yang mempunyai nilai ekonomi tinggi misalnya paprika, lettuce dan sebagainya.

Media tumbuh dalam kondisi yang steril berupa pasir kerikil, arang kayu, gabah, veriniculite, kerikil sentelit. Budidaya hidroponik biasanya dalam suatu wadah yang memungkinkan media tanam bisa terkendali yang berupa pot berumbu, polibag, kotak plastik dan sebagainya.

Hara yang diperlukan disesuaikan berdasarkan jenis, umur dan tingkat fase pertumbuhan. Jenis hara dihitung berdasarkan bobot atom (BA), tingkat kelarutan dan sifat reaksi. Budidaya tanaman dalam sistem ini didahului oleh persemaian apakah berasal dari biji atau organ vegetatif lainnya berupa akar, daun, batang dan umbi.

Pemeliharaan tanaman memerlukan perhatian yang cukup yang meliputi

penggantian media tanam, pengedaran daur ulang larutan, penjagaan kepekatan larutan, derajat keasaman dan pengendalian Kama dan penyakit.

#### 9.2.4. Pola tanam ganda

Tujuan pola tanam adalah untuk meningkatkan produktivitas lahan pertanian sehingga didapatkan produksi tanaman per satuan luas yang maksimal sepanjang tahun. Dalam menentukan pola tanam dalam suatu lahan pertanian didasarkan pada pola hujan di daerah tersebut dan pertimbangan teknis bercocok tanam, serta kecocokan ekologi dan tempat. Yang harus dipertimbangkan dalam menentukan jenis tanaman adalah sebagai berikut :

- susunan tanaman tidak menimbulkan alelopati,
- menanam leguminosa sebagai salah satu jenis tanaman yang akan ditanam,
- menanam hortikultura sayuran,
- tanaman bisa bersaing terhadap ruang, cahaya dan air,
- mempunyai sistem perakaran yang berlainan,
- tanaman yang berumur pendek di antara tanaman tahunan,

Istilah-istilah terminologi yang dapat dibedakan dalam pola tanam adalah :

- Sistem pertanaman (*cropping system*) yaitu aktifitas produksi tanaman dalam suatu sistem usahatani.
- Pola tanam (*cropping pattern*), susunan kombinasi pertanaman menurut dimensi ruang (*spatial*) dan waktu.
- Pola tanam ganda (*multiple cropping*), yaitu menanam lebih dari satu jenis tanaman di lahan yang sama pada waktu yang sama dalam pola yang teratur.
- Pertanaman campuran (*mixed cropping*) yaitu menanam lebih dari satu tanaman di lahan yang sama pada waktu yang sama dalam pola yang tidak teratur.
- Tumpangsari (*intercropping*), yaitu menanam lebih dari satu macam tanaman di lahan yang sama secara simultan, diatur dalam baris atau kumpulan baris berselang-seling.
- Tipe-tipe dari *intercropping* yaitu :

- a. *Mixed intercropping*: Praktek menanam tanaman komponen secara serempak tanpa pengaturan baris yang khas.
  - b. *Row intercropping*: Tanaman komponen ditanam secara serempak dalam baris yang berbeda
  - c. *Strip intercropping*: Penanaman tanaman komponen yang serempak dalam lajur yang berbeda untuk memungkinkan budidaya terpisah dari setiap tanaman
  - d. *Relay intercropping* : tanaman komponen disemai estafet jadi siklus pertumbuhan beroverlap
- Tumpang gilir (*relay cropping*), yaitu menanam dua jenis tanaman atau lebih secara bergilir. Tanaman kedua ditanam di antara barisan tanaman pertama setelah tanaman pertama berbunga, tetapi belum dipanen.
  - Tanam bergilir (*sequential cropping*), yaitu menanam lebih dari satu jenis tanaman secara bergilir. Tanaman kedua ditanam setelah tanaman pertama dipanen. Bila terdiri dari dua jenis tanaman disebut "*double cropping*", tiga tanaman "*triple cropping*" dan sebagainya.
  - Pertanaman bertingkat (*multi storey cropping*), yaitu pertanaman kombinasi antara tanaman berbentuk pohon dengan habitat yang lebih pendek.
  - Pertanaman berlajur (*strip or line cropping*), yaitu menanam dua atau lebih tanaman bersama-sama dalam lajur atau blok yang disusun secara berselang-seling. Bila dilakukan di lereng bukit mengikuti garis kontur disebut pertanaman "sabuk gunung" (*alley cropping*, budidaya lorong).
  - Sistem surjan (*alternating bed system*), yaitu menanam dua jenis atau lebih tanaman pada sebidang lahan yang dibentuk menjadi dua ketinggian yang berbeda. Bagian yang tinggi berupa tegalan, bagian yang rendah sebagai kolam atau sawah.
  - *Agroforestry* adalah budidaya tanaman pangan di antara tanaman kehutanan.
  - *Ratooning* adalah budidaya tanaman yang ditumbuhkan kembali setelah panen, meskipun tidak dibutuhkan untuk biji.
  - *Monoculture* yaitu penanaman yang berulang-ulang dari tanaman yang sama pada tahun yang sama.
  - *Crop rotation* yaitu budidaya yang berulang-ulang dari suatu rangkaian

tanaman yang diurutkan (tanaman atau lahan kosong) pada lahan yang sama.

- *Main crop* atau *base crop* : tanaman yang ditanam pada populasi tanaman tunggal optimumnya dalam suatu situasi tumpangsari.
- *Component crops* : Spesies tanaman individu yang merupakan bagian dari sistem tanam ganda (*multiple cropping*).

Adapun keuntungan dari pola ganda secara lebih rinci adalah:

- a. meningkatkan pendapatan petani,
- b. memperbanyak jenis tanaman yang dipanen,
- c. dapat mengatasi resiko kegagalan panen dari tanaman utama
- d. memanfaatkan waktu Luang petani,
- e. meningkatkan gizi keluarga petani.

Dua jenis tanaman atau lebih yang ditanam pada lahan yang sama dapat menimbulkan efek interaktif di antara tanaman tersebut, yaitu:

- a. Kompetitif, yaitu kombinasi dua jenis tanaman akan bersifat kompetitif bila kedua jenis tanaman tersebut bersaing satu sama lain dalam memanfaatkan syarat tumbuh. Hal ini menyebabkan peningkatan satu jenis tanaman yang diikuti dengan penurunan dari hasil tanaman lain.
- b. Suplementer, hal ini terjadi bila peningkatan basil dari salah satu jenis tanaman tidak berpengaruh terhadap hasil tanaman lainnya.
- c. Komplementer, bila peningkatan hasil satu jenis tanaman menyebabkan peningkatan basil tanaman lainnya. Hal ini terjadi bila ditanam leguminosa di antara tanaman tersebut.

Sistem penanaman berdasarkan pada iklim, ketersediaan air dan tanah harus dikembangkan untuk mencapai tingkat produksi potensial melalui penggunaan sumberdaya tersedia yang efisien. Sistem penanaman harus menyediakan hara yang cukup bagi keluarga, makanan ternak dan mengembangkan pemasukan uang yang cukup bagi keperluan budidaya dan keluarga. Tujuan ini dapat dicapai dengan mengadopsi pertanian intensif (*intensive cropping*). Metode *intensive cropping* termasuk tanam ganda dan tumpangsari. *Intensive cropping* dapat memberikan beberapa kesulitan teknis seperti jarak waktu yang lebih pendek untuk persiapan lahan sebelum

penanaman berturut-turut dan kekurangan tenaga kerja pada periode puncak dari aktifitas pertanian. Kekurangan teknis ini dapat ditanggulangi dengan membuat modifikasi dalam teknik penanaman, perubahan geometri tanaman dapat membantu untuk melaksanakan intercrop tanpa menghilangkan populasi tanaman dasar.

Dalam *intensive cropping*, tanaman ditanam dalam suatu asosiasi (*intercropping*) atau dalam suatu urutan (*sequential cropping*). Dalam situasi seperti itu terdapat kemungkinan interaksi antara tanaman komponen. Interaksi terutama dikarenakan respon satu spesies terhadap lingkungan ketika dimodifikasi oleh kehadiran spesies lain. Interaksi dapat bersifat kompetitif atau non kompetitif atau komplementer. Jika tanaman-tanaman ditanam dalam kesatuan dan pertumbuhan dari kedua tanaman tidak terpengaruh, tipe interaksi seperti itu disebut *interaksi non-kompetitif*. Jika satu spesies dapat membantu spesies lainnya, hal tersebut dikenal dengan *interaksi komplementer*, contoh suplai N yang difiksasi oleh legume pada non-legume yang satu sistem (hal ini dikenal sebagai *annidiation*). Satu spesies dapat memiliki kemampuan lebih besar untuk menggunakan faktor pembatas dan memperolehnya dari spesies lain. Hal ini disebut *interaksi kompetitif* atau *interfensi*. Interaksi juga dapat terjadi dalam cara lain dengan cara memproduksi suatu zat beracun dan mempengaruhi pertumbuhan spesies lain yang berasosiasi. Hal ini disebut "allelopathy".

#### **a. Interaksi dalam pola tanam ganda (*multiple cropping*)**

Faktor seperti cahaya, air, nutrisi, oksigen dan CO<sub>2</sub> dibutuhkan bagi pertumbuhan tanaman. Dalam situasi campuran atau intercropping, spesies komponen bersaing untuk memperoleh faktor pertumbuhan. Spesies yang dekat menyebabkan penggunaan faktor pertumbuhan yang sub-optimal dan oleh karena itu terdapat distribusi sumberdaya yang tidak merata di antara tanaman. Secara umum akan berkembang antara komponen atau dalam komponen itu sendiri. Sifat dari kompetisi seperti ini dapat bervariasi tergantung pada kepadatan dan proporsi dari setiap komponen dan pola penanaman.

*Cahaya*. Secara fotosintetik radiasi aktif (cahaya) berhubungan secara langsung pada tingkat fotosintesis dari tanaman komponen. Intercropping

dapat meningkatkan intersepsi cahaya sebanyak 30-40%. Ketika satu komponen lebih tinggi dari yang lain dalam suatu sistem intercropping, komponen yang lebih tinggi akan mengintersep sebagian besar radiasi matahari. Pola intersepsi cahaya juga bervariasi menurut umur tanaman. Transmisi cahaya oleh kelapa hanya sekitar 20% pada umur 8-10 tahun dan hal tersebut hampir tetap konstan sampai kira-kira umur 25 tahun. Kemudian persen transmisi cahaya makin meningkat ketika cakupan kanopi pada tanah menurun. Ketika palem berumur sekitar 40 tahun, transmisi cahaya meningkat sekitar 50%. Dalam suatu situasi intercropping tanaman komponen memiliki jangka waktu pertumbuhan yang berbeda. Sebagai contoh, dalam intercropping jagung greengram, kebutuhan puncak akan cahaya pada jagung terjadi pada 60 hari ketika greengram siap untuk dipanen. Dalam kombinasi seperti itu, kompetisi untuk mendapatkan cahaya di antara tanaman komponen lebih kecil dan ada penggunaan cahaya yang lebih besar dalam intercropping daripada kondisi normal. Umurnya, tanaman komponen dalam keadaan intercropping ditanam sedemikian rupa sehingga kompetisi akan cahaya dapat diminimalisir. Pemilihan tanaman dan varietas yang layak, penyesuaian pola dan kepadatan penanaman adalah teknik untuk meningkatkan efisiensi penggunaan cahaya.

Dalam *multiple cropping* intensif yang melibatkan dua tanaman atau lebih yang berurutan, tujuan utama adalah untuk memperoleh energi matahari per unit area per unit waktu sebanyak mungkin. Pada sistem penanaman berbasis padi, efisiensi penggunaan sinar matahari berkisar dari 1,58 sampai 22% PAR di India bagian Selatan. Di bagian utara, efisiensi berkisar dari 0,82 sampai 1,77% PAR sepanjang tahun dalam sistem berbasis kapas. Inklusi dari tanaman C4 di musim panas meningkatkan efisiensi radiasi matahari (Balasubramanian dan Palaniappan, 2002).

*Kelembaban dan nutrisi.* Kompetisi untuk memperoleh kelembaban dan nutrisi akan berakibat pada dua tipe pengaruh pada komponen yang kurang berhasil atau tertekan. Pertama, akar dari komponen ini akan tumbuh kurang pada sisi yang menghadap tanaman komponen agresif. Kedua, tanaman yang dipengaruhi oleh kompetisi untuk memperoleh faktor tanah memiliki rasio akar/pupus yang meningkat. Komponen yang agresif umumnya menyerap jumlah nutrisi dan kadar air tanah yang lebih besar.

Pada kombinasi legum dan non-legum, non-legum menyerap P, K dan S dalam jumlah besar. Akibatnya, legum menunjukkan gejala defisiensi unsur hara tersebut, namun, pengaruh tersebut dapat dikurangi dengan aplikasi pupuk yang tepat. Di antara tanaman-tanaman intercrop, sorgum dan pearl millet lebih kompetitif dalam menyerap unsur hara. Secara umum lahan dengan *intercrop* mengonsumsi nutrisi dalam jumlah besar dibandingkan dengan tanaman tunggal.

**Alelopati.** Alelopati adalah pengaruh langsung atau tidak langsung dari satu tanaman pada tanaman lain melalui produksi zat kimiawi yang lepas ke dalam lingkungan. Beberapa tanaman mungkin tidak cocok sebagai tanaman intercrop karena dapat memproduksi dan membuang racun ke dalam tanah yang berbahaya bagi tanaman yang berasosiasi. Allechemical dihasilkan dari daun *Ecalyptus globulus* dengan drastis mengurangi perkecambahan mustard yang ditanam di bawahnya.

**Annidiation.** Annidiasi mengacu pada interaksi komplementer yang berlangsung dalam ruang dan waktu.

Annidiasi dalam ruang : kanopi tanaman komponen dapat menempati lapisan vertikal yang berbeda dengan kanopi yang lebih rendah yang membutuhkan naungan dan kelembaban relatif tinggi. Penanaman bertingkat pada kelapa dan penanaman pohon pelindung pada perkebunan kakao dan teh menggunakan prinsip tersebut. Hampir sama, sistem perakaran dari tunas tanaman komponen dapat memanfaatkan unsur hara dalam berbagai lapisan tanah dan karena itu menggunakan sumber daya alam dengan cara yang lebih baik dengan kompetisi yang lebih sedikit.

Annidiasi dalam waktu: ketika tanaman ditanam pada durasi yang bervariasi luas, kebutuhan cahaya maksimal dan nutrisinya akan terjadi pada periode yang berbeda, sehingga tidak terjadi kompetisi. Dalam kombinasi yang terdiri dari tanaman yang dewasa pada awal dan akhir (sorgum - kacang merah), ketika tanaman yang lebih cepat dewasa dipanen, kondisi menjadi mendukung bagi tanaman yang lambat dewasa (redgram) untuk mengembangkan pertumbuhannya.

**Efek komplementer lainnya:** Dalam suatu sistem intercropping yang melibatkan legume dan non-legume, bagian N yang difiksasi di nodul akar legume menjadi tersedia bagi komponen non-legume. Dengan hadirnya

rhizosphere microflora dan mycorryza, satu spesies dapat mengarah pada mobilisasi dan ketersediaan nutrisi yang lebih besar tidak hanya pada spesies tersebut saja tapi juga pada spesies yang berasosiasi. Persediaan pendukung fisik dari satu spesies untuk spesies lain dalam intercrop dapat meningkatkan hasil spesies tersebut. Contoh, kelapa-lada dan jagung-kacang hijau. Komponen yang lebih tinggi bertindak sebagai penghalang angin melindungi spesies yang lebih rendah.

### **b. Interaksi dalam pola tanam tumpang gilir (*sequential cropping*)**

Pada *sequential cropping*, tanaman tunggal ditanam secara berurutan. Oleh sebab itu, kompetisi untuk memperoleh cahaya, air dan nutrisi yang ditemukan pada penanaman campuran tidak terjadi. Pada relay cropping, overlapping dalam jarak waktu yang pendek berlangsung antara dua tanaman yang berurutan. Oleh sebab itu tanaman yang disemai ulang pada tahap pembenihan dapat berkompetisi untuk memperoleh cahaya dengan tanaman yang sudah tumbuh. Kompetisi tipe ini dapat diminimalisir dengan pemilihan tanaman dan varietas yang tepat, penyesuaian waktu dan metode penanaman.

Pada *sequential cropping*, tanaman awal berpengaruh terhadap tanaman selanjutnya. Hal ini termasuk efek komplementer seperti pelepasan N dari residu tanaman sebelumnya, terutama legume, pada tanaman selanjutnya dan efek aplikasi pupuk dari tanaman sebelumnya yang terbawa. Efek yang berbahaya termasuk allelopathy, immobilisasi N sementara karena luasnya rasio C/N dari residu dan efek hama dan penyakit yang terbawa.

### **c. Sistem Tumpangsari (*Intercropping*)**

Multiple cropping dalam bentuk intercropping adalah sistem yang utama di wilayah yang kering, tropis semi-arid dan tropis humid. Petani biasanya menanam dua atau lebih tanaman secara bersamaan pada lahan yang sama. Tanaman berbeda dibudidayakan dalam *mixed cropping* campuran sederhana dari hanya dua tanaman atau tiga adalah yang paling umum. Tujuan dari praktek ini yaitu :

- Jaminan terhadap kegagalan panen dalam kondisi cuaca yang tidak mendukung atau epidemik hama,
- peningkatan produktivitas lahan per unit area lahan,

- penggunaan sumberdaya seperti tanah, tenaga kerja dan input yang bijaksana.

Ketika dua tanaman ditanam bersamaan, tanaman tersebut dipilih karena satu dan lebih hal sehingga terdapat variasi dalam durasi pertumbuhannya. Periode pertumbuhan puncak dari dua spesies tanaman seharusnya tidak bertepatan. Dalam pengaturan seperti itu, tanaman yang cepat dewasa melengkapi siklus hidupnya sebelum tanaman lain mulai. Willey (1979) menggambarkan konsep tersebut sebagai komplemen temporal. Perbedaan pematangan yang lebih besar dan kebutuhan pertumbuhan dari faktor pertumbuhan dan kelebihan hasil panen. Hal ini dapat dicapai baik dengan perbedaan genetik pada spesies tanaman atau manipulasi waktu tanam. Biasanya tanaman berumur panjang dan pendek ditanam bersamaan. Tanaman pangan biasanya dicampur dengan tanaman yang bernilai ekonomi tinggi untuk menjamin makanan dan pemasukan uang. Kombinasi spesies dalam intercropping bergantung pada iklim, lokasi, pilihan dan faktor spesifik lainnya. Beberapa sistem intercropping penting dijelaskan di bawah ini.

#### **d. Inter-cropping pada Serealia**

Intercropping dengan serealia adalah cara yang baik untuk memperbaiki penggunaan sumberdaya. Sorgum umumnya diintercrop dengan kacang babi pada tanah yang bervariasi. Sorgum dipanen setelah 3 1/2 -4 1/2 bulan dan kacang babi matang dalam waktu sekitar 6-9 bulan tergantung pada genotipnya. Legume biji-bijian seperti kapri, kacang hijau, kacang hitam dan kacang tanah adalah tanaman yang direkomendasikan.

jagung-kacang hijau (*Phaseolus vulgaris* L.) adalah sistem intercropping utama di Amerika Selatan dan Tengah dan Afrika Timur, dimana curah hujan berkisar dari 700-1500 mm merata selama 4-5 bulan. Kedelai juga tanaman yang baik untuk ditanam bersama jagung.

*Pearl millet* adalah tanaman yang cepat ditanam dan cepat tumbuh yang mencapai pertumbuhan kanopi penuh dalam 20-30 hari setelah pembibitan. Tanaman ini dapat ditumpangsarikan dengan kacang tanah, kacang hitam atau jarak. *Finger millet* ditumpangsarikan dengan kacang liar (*Dolichos lab-lab*) di negara bagian Karnataka, India, dimana 4-12 baris millet diselingi dengan satu baris kacang.

Kacang babi, legum biji-bijian dengan umur pendek seperti kacang hitam dan kedelai dalam tumpangsari merupakan tanaman terbaik untuk ditanam bersama di daerah semenanjung India. Kacang tanah juga cocok untuk ditumpangsarikan. Sorgum adalah tanaman yang paling umum ditumpangsarikan dengan kacang babi.

*Intercropping* pada kapas, dimana kapas merupakan tanaman yang pertumbuhannya lambat. Tanaman yang berumur pendek seperti kacang hitam, kacang hijau, kacang tanah atau *cluster bean* adalah tanaman yang cocok untuk ditanam bersamaan. Bawang juga dapat ditumpangsarikan dengan kapas.

*Intercropping* pada tebu, dimana tebu lambat tumbuh mencapai 80-90 hari. Karena tanaman ini ditanam dalam baris dengan jarak tanam 0,8-1,0 m jarak yang cukup tersedia untuk *intercropping*. Tanaman berumur pendek sekitar 80-90 hari dijadikan *intercrop* kacang hitam dengan kedelai juga cocok. Pupuk hijau, dhaincha (*Sesbania aculeate*) dapat disemai pada jarak tanam tersebut dan digabungkan pada umur dua bulan.

Tumpangsari merupakan cara yang paling umum dalam tanaman perkebunan seperti kelapa dan buah pinang. Pertanian ini memiliki jangkauan pada kelapa lebih dari 8 tahun dan setelah 25 tahun. Selama periode tersebut, harus ada pencahayaan yang cukup pada pengelolaan tumpang sari. Prakteknya di lapangan untuk tanaman dengan tinggi yang beragam, pola perakaran dan durasi yang disebut tingkatan pertanaman. Tujuan dari sistem ini yaitu memanfaatkan ruang vertikal menjadi lebih efisien. Pada sistem ini, kanopi daun antar tanaman merupakan bagian dimana terdapat perbedaan lapisan vertikal diantara mereka.

Bagian yang paling tinggi mempunyai toleransi yang tinggi terhadap cahaya yang kuat dan evaporasi yang tinggi dan bagian yang pendek membutuhkan naungan dan atau kelembaban yang relatif tinggi, dan lain-lain. Pada sistim ini kelapa ditanam dengan jarak 7,5 m. Sedangkan lada hitam ditanam di sisi lain dari tanaman kelapa sekitar 75 cm dari tanaman tersebut. Pada batang kelapa dengan ketinggian sekitar 1 m dari tanah, kemudian ditarik rambatan dari tanaman lada hitam. Setiap baris kemudian ditanami tanaman kakao di tengah-tengah antara baris kelapa, sedangkan tanaman nanas dapat ditanam pada ruang di antara tanamantanaman tersebut.

Kelapa tumbuh sampai ketinggian lebih dari 10 meter menempati lapis teratas, sedangkan lada hitam tumbuh sampai ketinggian sekitar 68 m mengisi lapis kedua. Kakao dengan kanopi yang dipangkas tingginya sekitar 2,5 m dan nanas tumbuh dengan ketinggian sekitar 1 m menempati lapisan dasar.

Dalam tingkatan pertanaman yang lain pada kelapa, jahe atau kunyit dan sebagian tanaman sayuran memperoleh tingkat pertama, pisang pada tingkat kedua, lada pada tingkat ketiga dan kelapa atau pinang pada tingkat terakhir.

Pada pertanaman buah pinang, singkong mendominasi tumpangsari. Suweg dan ubi-ubian serta kentang merupakan tanaman tumpangsari yang sudah umum di daerah tropis. Pisang dan nanas juga ditanam sebagai tanaman tumpangsari di kebun pisang.

Pada penanaman kopi, tingkatan pertama yaitu nanas, keduanya kopi, tingkatan ketiga yaitu kakao atau jeruk mandarin dan tingkatan terakhir yaitu tanaman yang naungannya cepat tumbuh untuk pertanaman kopi (misalnya dadap).

### **9.3. Sistem Pengelolaan Tanaman**

Sistem pengelolaan tanaman berbeda dengan penanaman tunggal. Hal tersebut dikarenakan masuknya lebih dari satu tanaman seperti pada tumpangsari atau penanaman dalam rangkaian yang berurutan.

#### **9.3.1 Sistem pengelolaan air**

Teknik dan pengelolaan air sama antara pertanaman tunggal dengan rangkaian tumpangsari. Walau bagaimanapun, kehadiran tanaman tambahan dapat mengakibatkan pengaruh yang cukup penting dalam evapotranspirasi. Dengan pengelolaan air yang tepat, sangat memungkinkan untuk menanam dua tanaman dimana normalnya hanya satu tanaman yang ditanam pada kondisi tersebut. Penjadwalan irigasi dan metode aplikasi air pada tumpangsari harus dilakukan secara hati-hati jika salah satu tanaman diantaranya mempunyai sifat yang sensitif apabila kelebihan air. Semua aspek tersebut harus dipertimbangkan dengan benarbenar selama membangun teknik pengelolaan air untuk sistem penanaman intensif. Lahan penanaman dapat ditingkatkan tanpa peningkatan yang signifikan dalam

penggunaan air dengan cara memilih sistem penanaman yang cocok dan mengadopsi tanaman yang tepat dan praktek pengolahan tanah.

*Kebutuhan air.* Kebutuhan total akan air pada tumpangsari tidak banyak meningkat dibandingkan dengan pertanaman tunggal. Di ICRISAT, kebutuhan air musiman pada tanaman sorgum tunggal dan tumpangsari dengan kacang-kacangan hampir sama (berturut-turut yaitu 584 dan 585 mm). Bagaimanapun, kompetisi seperti pada bawang sebagai tanaman tumpangsari dan kacang tanah ditingkatkan dengan kebutuhan air sekitar 50 mm.

*Penggunaan air secara efisien (WUE).* Air digunakan secara efisien dalam sistem penanaman dapat ditingkatkan dengan cara identifikasi dalam kombinasi tanaman yang tepat. Nilai WUE beragam dari 23 sampai 54 dengan kapas sebagai dasar sistem pertanaman dibawah kondisi irigasi *Coimbatore*. Dibawah kondisi tanah basah, WUE diperkirakan dari 43 sampai 57 dengan cara mengadopsi sistem pertanaman dari padi-padi- *millet*-kacang hijau. Sistem padi-padi- padi telah ditemukan efisien dalam penggunaan air, di Bihar Selatan, padi-kentang- kacang hijau tercatat sebagai pengguna air paling efisien (110-113 kg/ha cm).

Keuntungan yang lebih dari pengkonsumsian air dalam rotasi pertanaman telah distandardisasikan pada lokasi yang berbeda. Rotasi dari padi-mustard-wijen, padi-mustard-kacang hijau, padi-kentang-kacang hijau telah ditemukan sebagai sistem yang paling efisien dalam penggunaan air di Bengal Barat. Di daerah subtropis di India, padi-gandum, padi-mustard dan padi-kentang lebih dapat bertahan dalam kondisi kurang air.

Metode dan penjadwalan irigasi. Di bawah pertanian intensif, dua tanaman atau lebih dapat tumbuh bersamaan. Penjadwalan air untuk bagian dari tanaman dapat beragam secara luas dan periode kritis dari persediaan air untuk tanaman dapat terjadi secara tidak tepat. Jika salah satu tanaman diirigasi berdasarkan pada persediaan yang ada, tanaman yang lainnya dapat menderita karena akses atau kekurangan air hingga dapat mengakibatkan stres, kadang menjadi penyebab kerusakan utama pada tanaman. Pada sistem tumpangsari kapas dengan kacang hijau, kapas diirigasi sekali dalam 15-20 hari. Tanaman tumpangsari, kacang hitam sering mendapatkan pengaruh air dan lahan yang miskin hara. Dalam situasi seperti ini, metode "lompat galur" dari irigasi dapat menjadi solusi.

Pada sistem padi gandum, pengelolaan irigasi pada gandum berturut-turut ditransplantasikan oleh genangan air padi menjadi hal yang sangat kritis karena mengganggu struktur dari tanah sawah. Di India, sebelum pemberian irigasi pada gandum setelah panen, genangan padi membuktikan bahwa hal tersebut bermanfaat bagi permukaan lahan dan sistem produktivitas. Di sisi lain, praktek dari penyiapan benih di lahan kering dan irigasi, mengakibatkan gandum kehilangan hasil lapangan yang lebih rendah.

### 9.3.2. Sistem pengelolaan gulma

Secara umum telah dipercaya bahwa pertanian intensif dapat menurunkan masalah gulma. Infestasi gulma dapat menurun pada beberapa kondisi, sedangkan akan berbeda hasilnya pada keadaan yang lain. Hal tersebut tergantung pada tanamannya, kepadatan tanaman dan kegiatan budidaya. Selektifitas dari herbisida dan residu racun juga merupakan efek dari masalah gulma dalam pertanian intensif.

*Tumpangsari dan pengelolaan gulma.* Semakin lengkap penutupan dan kepadatan yang tinggi telah tersedia dalam tumpangsari karena kompetisi yang hebat dengan gulma dan menurunkan pertumbuhan gulma. Gulma dapat menekan tanaman yang tergantung pada bagian selektif dari tanaman, penggunaan genotip, kepadatan tanaman yang diadopsi, proporsi dari tanaman yang terseleksi, pengubah ruang mereka dan fertilitas dan status kelembaban dari tanah. Percobaan yang dilakukan di ICRISAT, diindikasikan bahwa terdapat penurunan sebanyak 50-75% pada infestasi gulma dengan tumpangsari. Sistem tumpangsari antara pigeonpea+sorghum, dimana secara intensif dipraktekkan di India, di beberapa wilayah, telah diketahui dapat menurunkan intensitas gulma (Balasubramaniam, 2002).

Banyak tanaman polong berumur pendek seperti kacang hijau, kacang hitam dan kacang babi, dapat menekan jumlah gulma sebanyak 60-70%. Dengan sifat yang mudah tumbuh tanpa adanya kompetisi, tumbuhan polong pendek seperti kacang hijau dan kacang hitam berfungsi sebagai tanaman pelindung karena kanopinya dapat melindungi dengan lebih baik. Keberadaan gulma dalam pertanaman dipengaruhi oleh pertumbuhan yang lebih awal dan kemampuan berkompetisi pada tiap komponen tanaman. Jika salah satu atau kedua komponen tersebut mempunyai pengaruh yang kuat dan mencakup

semua areal pertanaman, maka keberadaan gulma dapat dikurangi dalam jumlah yang banyak.

### **9.3.3. Manajemen kesuburan tanah dalam sistem pertanaman**

Kesuburan tanah menjadi lebih rumit dalam sistem rotasi tanaman karena adanya faktor tambahan seperti efek residu dari nutrisi yang diaplikasikan pada tanaman tertentu, efek tersebut berdampak pada sistem pertanaman, hubungan timbal balik dari komponen tanaman, dan pengaruh residu yang tertinggal di tanah. Dalam pertanian modern, pengolahan nutrisi secara efisien telah berkembang menjadi salah satu faktor yang paling penting untuk mempertahankan tingkat produksi yang tinggi pada sistem tumpangsari. Untuk intensitas penanaman yang lebih tinggi yang menggunakan varietas baru, diperlukan lebih banyak pupuk dan air, penambahan luas lahan dan mobilisasi nutrisi tanaman dipertimbangkan sebagai dimensi baru manajemen kesuburan tanah. Berdasarkan pengalaman jangka panjang pada berbagai wilayah, dapat ditarik kesimpulan diperlukan pengolahan nutrisi yang lebih efisien.

Sistem produksi akan meningkat dengan pemakaian unsur P dan unsur N, yang terlihat hasilnya di beberapa lokasi dengan pemakaian NPK. Aplikasi N dengan dosis dan tahapan yang disarankan untuk tanaman padi sesuai sistem yang dianjurkan.

Manajemen fosfor dalam sistem hasil panen, dosis pupuk P yang diambil disesuaikan dengan jenis pupuk, karakteristik tanah dan tingkatan hasil, tingkat pelepasan P dan lingkungan tumbuh. Dalam sistem hasil panen gandum, dosis pupuk P untuk hasil tanaman bisa dikurangi jika gandum yang terdahulu telah menerima unsur P dengan jumlah yang cukup.

Pelepasan K dengan proporsi pupuk N adalah sangat tinggi dalam sistem hasil panen, terutama sekali untuk serealia dan tanaman makanan ternak. Pada masa yang lama pengalaman penggunaan pupuk, pengambilan K oleh panen meski pada dosis NPK optimal ternyata jauh dari kelebihan K yang terdapat pada hampir semua tanah dan sistem hasil panen. Penting untuk menggunakan pupuk K dalam tingkat yang disarankan untuk menjaga status tanah yang subur.

Diantara mikro-nutrisi, kekurangan Zn adalah yang paling sering ada di

hampir 50% tanah yang diolah/ditanam secara intensif. Hasil panen berbeda-beda kapasitasnya dalam penggunaan Zn. Karena itu aplikasi menjadi penting untuk beberapa tanaman dibanding sistem tanaman ganda. Tanaman musim hujan seperti padi, jagung dan sorgum merespons lebih untuk menggunakan Zn dibanding tanaman subtropis seperti gandum dan kedelai. Pemakaian Zn sangat penting untuk meningkatkan efisiensi dari nutrisi lain dan hasil tanaman. Penurunan yang signifikan dari produksi jagung telah dilaporkan setelah 10 dan 12 musim tanam (*annual*), yang menyebabkan status Zn turun. Kehilangan hasil dapat diantisipasi dengan penggunaan  $ZnSO_4$  250 Kg Zn/ha sekali dalam 4-5 tahun, pada tanaman yang diberi pupuk Zn sedikit yang dipakainya. Pada sistem yang meliputi tanaman bukan padi, efek residu dari Zn mencukupi untuk beberapa tanaman yang tumbuh menyusul. Karena itu sangat penting untuk menentukan tingkat dan frekuensi penggunaan Zn untuk dasar sistem tanaman pada pentaksiran dari defisiensi. Pemakaian bahan organik untuk menjaga kekurangan Zn pada sistem intensifikasi.

#### **9.3.4. Sistem pertanaman dan Intergrated Nutrient Management (INM)**

Komponen utama dari INM adalah pupuk, pupuk organik, pupuk hijau, sisa-sisa tanaman dan pupuk biologi. Pada sistem pertanaman serealia, kira-kira 25-50% dosis pupuk NPK dari tanaman musim hujan dapat dikurangi oleh pemakaian bahan-bahan-organik, pupuk hijau dan sisa-sisa tanaman. Pada sistem pertanaman tebu, pemakaian limbah tebu dan pupuk biologi digabungkan dengan pupuk anorganik dan pupuk daun hijau memperlihatkan 20-25% ekonomis dalam pemakaian pupuk N untuk tebu dengan mengurangi penggunaan N, P dan nutrisi lainnya. Pemasukan legum pada sistem pertanaman untuk pemupukan hijau dapat menjamin teknologi budidaya untuk meningkatkan efisiensi nutrisi, khususnya N.

*Efek legum.* Tanaman legum umumnya dapat ditemukan pada tempat yang ditanami tanaman campuran dan rotasi tanaman karena kemampuannya mengurai N atmosfer. Legum dilaporkan dapat menyumbang N ke tanaman non-legum. Pemakaian legum pada sistem pertanaman membantu dalam menghemat sampai 25% pemakaian N yang disarankan pada serealia dan meningkatkan status N tanah. Kacang tanah diperkirakan

dapat mengurai 10 sampai 60 Kg N/ha pada 1 musim, karena itu tanaman yang ditanam bersama kacang tanah mendapat keuntungan.

Menanam benih legum dapat meningkatkan kesuburan tanah dan meningkatkan hasil panen pada tanaman jagung. Selain bisa mengurai N, legum dilaporkan bisa mengekstrak bentuk insoluble dari fosfor tanah. Legum juga mempunyai kapasitas tukar kation yang besar pad akarnya dibandingkan sereal dan karena itu legum bisa menyerap kation monovalent seperti pemakaian legum sebagai komponen dalam sistem pertanian intensif sangat penting untuk menjaga kesuburan tanah dan menghemat pemakaian pupuk.

Efek penanaman intensif pada sifat tanah. Pada penanaman intensif, tanaman yang berbeda dengan bermacam pola akarnya, dapat dimanfaatkan untuk memeriksa keefektifan tanah dalam hal kelembaban dan nutrisi dan menjaga formasi dari lapisan subtanah yang kadang terjadi pada *monoculture* dan akan dilakukan lagi penanaman. Penerapan adopsi dari sistem *tehu-beseem* terbukti dapat menstabilkan struktur tanah.

Penerapan penanaman intensif pada tanah ukuran kecil tanpa pupuk yang cukup akan mengahabiskan tanah pada waktu yang akan datang dan mengurangi produksinya. Banyak penanaman intercropping dan sistem penanaman yang berurutan tidak bisa menyebabkan variasi yang banyak pada tanah yang mengandung status N rendah. Pemakaian N yang terus-menerus pada tanaman seperti sereal adalah tidak sama untuk meningkatkan status N pada tanah dan perlu dosis N yang banyak untuk gandum. Tanaman seperti kentang sulit ditemukan dapat meninggalkan efek residu pada tanaman yang berturut-turut.

Pada sistem pertanian, penambahan dengan pupuk P adalah lebih besar daripada yang diserap. karena itu akan meningkatkan status P tanah. Tetapi akan berpengaruh atau tidak pada kapasitas status P karena kebanyakan penambahan P secara cepat terikat oleh bentuk yang tidak larut. Bagaimanapun juga, pada padi sawah, P terlarut meningkat pada keadaan *sub soil* dengan temperatur tinggi yang besarnya bervariasi pada tanah yang berbeda.

### **9.3.5. Biofarming hyponica**

Biofarming hyponica adalah sistem pertanian abad 21 yang dipublikasikan oleh harian Kompas, 1997, prinsipnya dikemukakan oleh Muzaha Shigeo tahun 1970 merupakan pertanian tanpa tanah, tetapi dengan menggunakan larutan hara dan lingkungan terkendali secara optimal. Tekanan penanganan terhadap faktor lingkungan tanaman yaitu suhu, radiasi cahaya, kelembaban udara dan kelembaban tanah. Dikaji mendalam tentang interaksi tanaman dan atmosfer, sehingga menghasilkan produksi yang tinggi dengan fase penuaan yang diperpanjang. Hasil penelitian dengan sistem ini menunjukkan bahwa tomat dapat menghasilkan 13.312 buah selama 6 bulan, mentimun 300 - 400 buah selama 4 bulan, melon 10 buah selama 4 bulan.

---

# Daftar Pustaka

- Acquaah, George. 2002. *Principles of Crop Production: Theory, Techniques, and Technology*. Pearson Education Inc. New Jersey.
- Balitbang Pertanian. 2006. Pupuk Hayati dan Pembenh Tanah.
- Balitbangtan. 2015. Varietas Unggul. [www.litbang.pertanian.go.id/varietas/](http://www.litbang.pertanian.go.id/varietas/) (akses Februari 2015)
- Baon, J. B. 1999. Pemanfaatan Jamur Mikoriza Arbuskular Sebagai Pupuk Hayati di Bidang Perkebunan. Makalah dalam Workshop Mikoriza, Aplikasi Cendawan pada Tanaman Pertanian, Perkebunan dan Kehutanan, 27 September - 2 Oktober 1999. Bogor.
- Badan Pengendali Bimas. 1977. *Pedoman Bercocok Tanam Padi, Palawija, Sayuran-sayuran*. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 1985. Kedelai. Penyunting: S. Somaatmadja, M. Ismunadji, Sumarno, M. Syam, S.O. Manurung dan Yuswandi. Puslitbangtan Pangan. Bogor.
- Balasubramaniam, P. and S.F. Palaniappan. 2002. *Principles and Practices of Agronomy*. Agrobios. Jodhpur.
- Campbell, N.A.; Reece, J.B. & Mitchell, L.G. 2002. *Biologi*. Diterjemahkan oleh R. Lestari dkk. (edisi ke-5, jilid 3). Erlangga . Jakarta.
- Darrel S. Metcalfe and Donald M. Elkins. 1980. *Crop Production, Principles and Practices*. Macmillan publishing Co. Inc.
- Darwis, A.A. 1996. *Pertanian Berkelanjutan Pertanian Masa Depan*. Pangan, Pertanian Abad 21 No 27 Vol 8-1996. Badan Urusan Logistik. Jakarta.
- Direktorat Rawa. 1990. *Pengembangan Sumberdaya Alam Rawa Pasang Surut dan Non Pasang Surut*. Departemen PU Dirjen Pengairan, Jakarta.
- Djakamihardja, S. 2001. *Pertanian Organik Sebagai Salah Satu Teknologi Pertanian Alternatif (Sustainable Agriculture)*. Bahan Seminar di Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran.
- Fajri, A.M. 1998. *Strategi Peningkatan Intensitas Pertanaman pada Lahan*

## Daftar Pustaka

- Sawah Irigasi Menunjang Swa Sembada Beras. Makalah Peningkatan Produksi Padi Nasional Melalui Sistem Tabela Padi Sawah Dan Pemanfaatan Lahan Kurang Produktif. 9-10 Desember 1998. Bandar Lampung. Fakultas Pertanian P4S. 1977. Pertemuan Ilmiah H Persawahan Pasang Surut. Prosiding, 23-25 Agustus 1976. Banjarmasin-Kalsel.
- Hardjowigeno, Sarwono. 1995. Salah Garap Lahan Gambut dapat Merusak Lingkungan. Orasi Ilmiah UGM Yogyakarta.
- Haryadi, S.S. 1979. Pengantar Agronomi. Penerbit PT Gramedia. Jakarta.
- Hidayat, S. 1985. Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman. Fakultas Pertanian Unpad. Bandung.
- Lud Waluyo. 2010. Teknik dan Metode Dasar Mikrobiologi. ISBN, 978-979-796-054-4. UMM. Press. Malang, Jawa Timur.
- Mihardja, O.A.A. 1996. Teknologi Pengolahan Lahan Gambut. Balai Latihan Transmigrasi Provinsi Jawa Barat. Departemen Transmigrasi dan Pemukiman Perambah Hutan RI. Bandung.
- Natawigena, H. 1995. Pestisida dan kegunaannya. Armiko, Bandung.
- Nuraini, K. J. dan S. Ardjakusuma. 1998. Pola Tanam Padi Sawit Dupa di Lahan Rawa Pasang Surut. Buletin Teknik Pertanian Vol. III No. 2 1998. Bogor.
- Oldeman, L. R. 1975. An Agro-climate Map of Java. Contr. Centr. Res. Inc. Agr. Bogor No. 17.
- Pantastico, E. R. B. 1989. Fisiologi Pasca Panen. Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Sub-tropika. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Pearson, Lorentz C. 1967. Principles of Agronomy. Reinhold. New York.
- Peel, M.C., B.L. Finlayson, and T.A. McMahon. 2007. Updated World Map of the Koppen-Geiger Climate Classification. Hydrol. Earth Syst. Sci., 11. [www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/doi:10.5194/hess-11-1633-2007](http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/doi:10.5194/hess-11-1633-2007)
- Peraturan Menteri Pertanian Nomor : 02/pert/hk.060/2/2006 tentang Pupuk Organik dan Pembenh Tanah
- Prayitno, D. 1977. Pengelolaan Teknologi Pertanian dalam Memantapkan Swa Sembada Pangan Khususnya di Lahan Marjinal. Kertas Kerja pada Diskusi Panel Peragi. Bogor.
- Proyek Pengembangan Penyuluhan Kehutanan. 1997. Pengelolaan Sumber Daya Lahan Kering di Indonesia.

- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. 1988. Padi Buku I. Penyunting M. Ismunadji, S. Partohardjono, Mahyuddin Syam dan A. Widjono. Badan Penelitian dan Pengembangan Pangan. Bogor.
- \_\_\_\_\_. 1989. Padi Buku II. Penyunting M. Ismunadji, S. Partohardjono, Mahyuddin Syam dan A. Widjono. Badan Penelitian dan Pengembangan Pangan. Bogor.
- \_\_\_\_\_. 1999. Hasil Penelitian Teknologi Tepat Guna Menunjang Gema Palangung. Balai Penelitian Tanaman Padi. Sukamandi.
- Ruminta. 2004. Modul Praktikum Agroklimatologi. Fakultas Pertanian UNPAD. Jatinangor.
- Ruminta, Purwatiningsih, Y. Rochayat, dan S. Rosniawaty. 2009. Alat-alat Pengukur Iklim. Fakultas Pertanian UNPAD. Jatinangor.
- Sanchez, P. A. 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics. John Wiley and Sons. New York.
- Satari, G. 1975. Pemanfaatan Tanah Kering bagi Keperluan Petani. Prasaran pada rapat teknis Direktorat Bina Produksi di Ujung Pandang.
- \_\_\_\_\_. 1977. Usahatani Terpadu Landasan Paling Tepat Bagi Pengembangan Usahatani. Fakultas Pertanian Unpad. Bandung.
- \_\_\_\_\_. 1978. Prospek Jangka Panjang Peningkatan Produksi Pangan Ditinjau dari Pendayagunaan Optimal Sumberdaya Alam. Pidato Dies Natalis XXI Unpad Bandung.
- Satari, G, S. Sadjad, S. Soedarjo. 1977. Pendayagunaan Tanah Kering untuk Budidaya Tanaman Pangan Menjawab Tantangan Tahun 2000. Kertas Kerja pada Simposium I Pendayagunaan Lahan Kering. Kongres Agronomi di Jakarta.
- Satari, Gunawan, Tati Nurmala, Oih A.A. Mihardja, Aep W. Irwan, Agus Wahyudin. 2004. Dasar-dasar Agronomi I. Giratuna-ELOC UNPAD. Bandung.
- Satari, Gunawan, Tati Nurmala, Oih A.A. Mihardja, Aep W. Irwan, Agus Wahyudin. 2009. Dasar-dasar Agronomi (cetakan ke-4). Pustaka Giratuna. Bandung.
- Satjanata, S. 1989. Kebijaksanaan Pemerintah dalam Pengelolaan Lahan Kering. Kertas Kerja dalam Seminar I Regional/Nasional Jurusan

## Daftar Pustaka

- Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. 5 Agustus 1989 Jatinangor Sumedang.
- Sekretariat Badan Pengendali Bimas. 1988. Penyesuaian Manajemen Bimas Menyongsong Tinggal Landas dan Memantapkan Kelestarian Swa Sembada Pangan Tahun 2000. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Sitompul, S.M. dan B. Guritno. 1995. Analisis Pertumbuhan Tanaman. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Solahudin, S. 1998. Kebijaksanaan Produksi Padi Nasional. Makalah Seminar Nasional Peningkatan Produksi Padi Nasional Melalui Sistem Tabela Padi Sawah dan Pemanfaatan Lahan Kering Produktif. Bandar Lampung 9-10 Desember 1998.
- Sadistya, Auran. 2009. Pengaruh Inokulasi dan varietas terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)
- Susanto, Rachman. 2000. Pertanian Organik (Menuju pertanian alternatif dan berkelanjutan).
- Suseno, S. 1991. Bercocok Tanam Secara Hidroponik. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Syarief, S. 1985. Konservasi Tanah dan Air. Pustaka Buana. Bandung.
- Tati Nurmala. 2012. Bahan Ajar Teknologi Produksi Tanaman I Program Studi Agroteknologi dan Agribisnis. Fakultas Pertanian Unpad. Bandung.
- Test Farm P4S. 1977. Pertemuan Ilmiah II Persawahan Pasang Surut. Prosiding, 23-25 Agustus 1976. Banjarmasin, Kalsel.
- Tim Peneliti Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1998. Laporan Survey dan Pemetaan Tanah Mendalam. Daerah Kerja D Proyek Pengembangan Lahan Gambut Sejuta Hektar di Provinsi Kalimantan Tengah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Bogor.
- Vasanthakumari, V. 2007. Textbook of Microbiology. BI. Publ.Pvt. Ltd. New Delhi.
- Vavilov, N. I. 1935. The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants (Selected writings). Diterjemahkan dari bahasa Rusia ke dalam bahasa Inggris oleh K. Starp Chester. Chromica Botanica, volume 13, 1949/1950.
- Wilsie, C. P. 1962. Crop Adaptation and Distribution. W.H. Freeman and Company. San Francisco and London.

---

# Indeks

- Abisinia, 26, 36, 40  
 Alkaloid, 100  
 Amerika Selatan, 25, 36, 38, 40, 170  
 Amerika Tengah, 26, 37, 38  
 amina, 100  
 antoksiantin, 100  
 antosianin, 76, 95, 100  
 asam nuldeik, 100  
 asam organik, 100  
 Asia Tengah, 26, 33, 39-40  
*autoclave*, 64  
 AVRDC, 42  
 bintil akar, 65-68  
 Bolivia, 26, 38, 40  
 Brazilia, 26  
 budidaya lorong, 146, 164  
 Carl Linnaeus, 11, 12, 25  
 cawan petri, 61-54  
 Charles Robert Darwin, 24  
 Chili, 26, 39  
 CIAT, 42  
 CIMMYT, 42  
 Cina, 3, 26, 28, 39  
 CIP, 42  
 efektifitas mikroorganisme, 69  
 ekspresi sifat genetik, 41  
 ekstensifikasi, 118, 125  
 Ekuador, 26, 38  
 erosi alur (*riil erosion*), 145  
 erosi dalam (*internal erosion*), 145  
 erosi parit (*gully erosion*), 145  
 erosi percikan (*splash erosion*), 145  
 erosi permukaan (*sheet erosion*), 145  
 erosi tebing (*streaan erosion*), 145  
 fotosintat, 1, 2, 50, 53-55, 66, 76  
 fotosintesis, 1,2, 4, 8, 54, 66, 76, 78, 79,  
     82, 86, 94, 166  
 glikosida, 100  
 Gregor Johan Mendel, 25  
 Hibridisasi, 24, 25, 47  
 ICARDA, 42  
 ICRISAT, 42  
 iklim makro, 5, 73  
 iklim mikro, 73, 110, 146  
 Indeks Luas Daun, 51, 54  
 India, 3, 26, 28, 31, 33, 40, 42, 167, 170,  
     171, 173, 174  
 Indo Malaya, 26, 31  
 Inkubator, 65  
 inokulasi  
     - bakteri, 63  
     - jamur, 63  
     - mikroba, 61, 64  
     - Rhizobium, 65, 67, 68,  
     lup -, 61  
     metode gores/jarum pindah, 61

## Indeks

- metode tebar, 62
- metode tuang, 62
- metode tusuk, 62
- inovasi mekanisasi, 3
- intensifikasi, 118, 125, 126, 176
- intensitas cahaya, 76, 77, 78, 134
- IRRI, 41
- Jawa Barat, 45, 85, 157
- Kalimantan Tengah, 113, 114, 119, 122
- kapasitas produktif, 139
- karakter agronomi, 49, 54
- karbondioksida, 137
- karotenoid, 100
- klorofil, 1, 72, 77, 94, 100
- kompos, 7, 91, 97, 99, 104, 105
- kualitas cahaya, 76
- kultivar tanaman, 6, 73, 110
- lahan basah, 107, 109, 113, 114, 117
- lahan kering, 18, 41, 88, 104, 107-115, 174
- laju respirasi, 2, 79
- lamanya penyinaran, 76
- lignin, 100
- lingkungan abiotik, 1
- lingkungan biotik, 1
- Mediterania, 26, 35, 40
- Meksiko, 26, 37, 40, 42
- mikropipet, 65
- monosakarida, 99
- musim hujan, 74, 80, 85, 88, 91, 114, 116, 131, 134, 147, 176
- musim kemarau, 80, 85, 88, 111, 114, 116, 135, 147, 174
- musuh alami, 3, 59
- mutasi, 47, 156
- Nikolai Ivanovich Vavilov, 25
- Nilai Ambang Ekonomi (NAE), 148
- nisbah pupus akar, 50, 54
- nomenklatur binomial, 11
- Oldeman, 85, 91, 93, 116
- Oligosakharida, 99
- panjang gelombang cahaya, 75, 76
- Paraguay, 26, 39
- Parasit, 155
- Patogen, 72
- pembakar bunsen, 64
- pembangkit kehidupan tanah (*soil regenerator*), 69
- pemuliaan tanaman, 6, 21, 46, 47
- penambat zat hara, 69
- pengaturan pola tanam, 5, 104, 159
- pengendalian hama, 5, 116
- pertanian berpindah-pindah, 109
- pertanian menetap, 109
- Peru, 26, 38, 40
- Petugas Penyuluh Lapangan (PPL), 126
- Pirimidin, 100
- plasma nutfah, 41
- polisakharida, 100
- populasi mikroorganisme, 69
- predator, 147
- predator alami, 59, 151, 155, 156
- produksi tanaman, 1, 3, 6, 55, 59, 71, 83, 86, 94, 102, 125-127, 136, 143, 159, 160, 162, 163
- produktivitas hasil, 74

- pupuk
- anorganik, 99, 137, 176
  - cair, 138
  - hayati (*biofertilizer*), 3, 68-71, 105,
  - lengkap, 137
  - organik. 68, 70, 71, 90, 101, 129, 137
  - pembenah tanah, 68, 69
- Purin, 100
- radiasi infra merah, 77
- rawa lebak, 188
- resin, 31, 100
- resistensi genetik, 156
- Sang Hyang Seri PT, 48, 128
- sawit dupa, 122
- Schmidt dan Ferguson
- Seleksi, 47, 157
- sertifikasi benih, 48, 126, 128
- sinar gamma, 76
- sinar x, 76
- sistem ITB-IPB, 120
- sistem leb, 144
- sistem UGM, 120
- standar mutu benih, 47
- starter solution*, 133, 134, 141
- tanah longsor (*land slide*), 145
- tanah sulfat masam, 118, 122
- tanaman berhari netral, 76
- tanaman berhari panjang, 76
- tanaman berhari pendek, 76
- tanaman megatherm, 84
- tanaman mesotherm, 84
- tanaman microtherm, 84
- tanin, 31, 100
- tanpa olah tanah, 129
- teknik budidaya, 115, 118, 148, 157
- teknik inokulasi biakan, 60
- Timur Dekat, 26, 40
- toleran terhadap kekeringan, 41
- tumpangsari, 65, 115, 136, 163, 165
- ultraviolet, 65, 75
- usahatani terpadu, 159
- varietas lokal, 45, 49, 122
- varietas unggul, 3, 41, 43, 45, 123
- zaman geologi muda, 23
- zat penarik (*attractant*), 149
- zat pengatur tumbuh, 69, 116

## Riwayat Penulis



Lahir di Bandung, 9 Desember 1949. Pendidikan S1 diselesaikan di Fakultas Pertanian UNPAD tahun 1975 dan gelar Doktor diraih dari Program Pascasarjana UNPAD tahun 1987. Sekarang menjadi Guru Besar bidang Agronomi di Fakultas Pertanian UNPAD sejak tahun 2004



Lahir di Bandung, 25 Oktober 1963. Pendidikan S1 diselesaikan di Fakultas Pertanian UNPAD tahun 1988 dan gelar Magister bidang kajian Ilmu Tanaman / Ekofisiologi diraih dari Program Pascasarjana UNPAD tahun 1996. Sekarang menjadi dosen tetap di Fakultas Pertanian UNPAD sejak tahun 1990 sampai sekarang.



Lahir di Bandung, 6 Januari 1968. Pendidikan S1 diselesaikan di Fakultas Pertanian UNPAD tahun 1993 dan gelar Magister diraih dari Program Pascasarjana ITB tahun 2001. Sekarang menjadi dosen tetap di Fakultas Pertanian UNPAD.



Lahir di Bandung, 26 Juli 1985. Pendidikan S1 diselesaikan di Program Studi Agronomi UNPAD tahun 2007. Gelar Magister diraih dari Program Studi Ilmu Tanaman UNPAD tahun 2011. Sekarang menjadi dosen tetap di Fakultas Pertanian UNPAD.

