

DASAR AGRONOMI



Oleh:

Ir. ABDUL RAHMAN, MS

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MEDAN AREA**

MEDAN

2012

DAFTAR ISI

I. PENDAHULUAN

- 1.1 Sistem Pertanian Indonesia 1
- 1.2 Tujuan Budidaya Tanaman (Produksi Tanaman) 2
- 1.3 Sistem Produksi Tanaman dilihat dari Sistem Lingkungan dan Teori Sistem 3

II. KLASIFIKASI SISTEM PERTANIAN

- 2.1 Sistem Pertanian dengan Pengumpulan Hasil Tanaman 7
- 2.2 Sistem Pertanian dengan Budidaya Tanaman 7
- 2.3 Sistem Pertanian untuk Padang Pengembalaan dan Peternakan..... 14

III. KARAKTERISTIK SISTEM PERTANIAN DAERAH TROPIK, KHUSUSNYA DI INDONESIA

- 3.1 Umum 16
- 3.2 Potensi Photosintesis 17
- 3.3 Fotoperiodisitas dan pembuangan 20
- 3.4 Masalah-masalah Iklim..... 24
- 3.5 Hambatan-Hambatan Tanah..... 25
- 3.6 Hambatan-hambatan Biotik..... 27
- 3.7 Implikasi berbagai Hambatan terhadap Pertanian Tropik 27
- 3.8 Dinamika dan Prospek Pertanian Tropik, Terutama Indonesia 32

IV. PERANAN AGROKLIMAT DAN AIR DALAM SISTEM BUDIDAYA TANAMAN

4.1	Klasifikasi Agroklimat.....	34
4.2	Kebutuhan Air Tanaman.....	37
4.3	Kebutuhan Curah Hujan bagi Tanaman dan Irigasi.....	39

V. KLASIFIKASI LAHAN, TANAH, HARA TANAMAN

5.1	Klasifikasi Kemampuan dan Kesesuaian Lahan	48
5.2	Keseimbangan-keseimbangan Hara dalam Tanah dan Penyerapan Hara oleh Tanaman.....	55
5.3	Tanah Masam dan Pengapuran	61
5.4	Bahan Organik Tanah dan Pupuk Organik.....	78

PUSTAKA

I. PENDAHULUAN

1.1. Sistem Pertanian Indonesia



Pertanian mempunyai arti:

- 1) Dalam arti sempit meliputi pertanian tanaman :
 - Pangan
 - Perkebunan/Industri
 - Hortikultura
 - Makanan Ternak/Pakan
- 2) Dalam arti luas meliputi pertanian tanaman, ternak, ikan, hutan.

Dalam perkebunan terdapat istilah "plantation" dan "estate". Untuk menghindari salah pengertian istilah tersebut, dapat dikemukakan bahwa: plantation (pertanaman perkebunan=perkebunan) adalah lahan (land) yang

ditanami tanaman perkebunan; estate (=perusahaan perkebunan) adalah perusahaan (holding) yang mengusahakan perkebunan besar (perkebunan besar) dan holding sebagai perkebunan kecil atau perkebunan rakyat.

Farm dapat didefinisikan sebagai unit pertanian terkecil yang utuh dan yang berdiri sendiri atau independen. Untuk pertanian rakyat, farm adalah unit pertanian terkecil yang dimiliki para petani kecil, sedang untuk perkebunan besar farm adalah perkebunan besar yang memiliki petani-petani besar, baik sebagai perorangan ataupun badan (pemerintah ataupun swasta).

1.2. Tujuan Budidaya Tanaman (Produksi Tanaman)

Tujuan utama adalah produksi maksimum yang berkesinambungan. Aspek produksi dalam agronomi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Y = f(E, G, C)$$

E = Lingkungan = tanah, iklim, pengelolaan dan sebagainya

G = Genotype: jenis tanaman/varietas

C = Teknik budidaya tanaman, alat-alat dan sebagainya

Secara lebih mendetail rumus tersebut dapat dilanjutkan menjadi:

$$Y = f(T, I, V, K, P, A, \text{dll})$$

T = Tanah

I = Iklim

V = Varietas

K = Kultur teknik

P = Pengelolaan

A = Alat-alat

Jadi secara definisi produksi tanaman agronomi = kegiatan (sistem) budidaya tanaman yang melibatkan faktor-faktor produksi (sub-sistem): T, I, V, K, P, A dan sebagainya untuk mendapatkan hasil maksimum secara berkesinambungan.

1.3. Sistem Produksi Tanaman dilihat dari Sistem Lingkungan dan Teori Sistem

Di dalam sistem lingkungan (ekosistem) kita mengenal teori yang menganut adanya hukum keseimbangan (aksi-reaksi), dan ketergantungan serta pengaruh-mempengaruhi. Semua sistem kegiatan, pada hakekatnya adalah selalu dipengaruhi oleh keadaan lingkungan, dimana didalam sistem lingkungan itu berlaku hukum ketergantungan yang pengaruh-mempengaruhi. Suatu sistem kegiatan, pada dasarnya adalah suatu perangkat kegiatan yang saling berpengaruh baik horizontal maupun vertical, yang selalu dipengaruhi oleh keadaan lingkungan. Suatu sistem kegiatan, termasuk sistem produksi tanaman, yang menganut teori sistem, pada hakekatnya adalah suatu sistem kegiatan yang selalu memperhatikan ekosistem serta kaidah-kaidah yang mendorong untuk mencapai hasil secara ideal atau optimal secara serasi dan lestari. Sistem kegiatan ataupun sistem produksi yang menganut teori sistem, pada hakekatnya selalu berusaha mengembangkan sistem kegiatan, dan sistem produksi yang sistematis,

efisien dan serasi, dimana telah menyatu di dalamnya juga sistem pemantauan dan evaluasi, sehingga melalui sistem tersebut, perbaikan dan peningkatan prestasi akan terdorong dengan sendirinya dari dalam; sistem pengelolaan yang baik merupakan tuntutan dalam segala bagian kegiatan, serta selalu harus didasari dengan tanggungjawab dan motivasi yang jelas.

Di dalam sistem pertanian dijelaskan bahwa

Farm adalah unit/bagian lingkungan budidaya pertanian terkecil yang independen, dimana terlihat faktor atau sub bagian (sub sistem) manusia, alam, biologi, alat-alat pertanian, dan sebagainya.

Defenisi farm seperti tersebut pada hakekatnya adalah pendekatan pengertian yang berdasarkan pada sistem lingkungan (ekosistem). Sebagai penjelasan dari sistem lingkungan yaitu : mikroorganismen tanah adalah merupakan bagian (sub-sistem) dari sistem tanah, dan tanah adalah merupakan bagian dari sistem budidaya tanaman, dan budidaya tanaman merupakan bagian dari farming, dan seterusnya.

Dalam teori lingkungan dikenal pengertian keterkaitan (ketergantungan) dan tingkatan-tingkatan (hierarki). Jadi berdasarkan teori lingkungan dan teori sistem, maka sistem produksi tanaman adalah sistem kegiatan dalam mencapai produksi tanaman secara optimal yang berkesinambungan, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor kegiatan atau bagian kegiatan (sub-sistem) yang saling berpengaruh.

Ditinjau dari segi industri, produksi tanaman pada hakekatnya adalah merupakan proses industri, dimana melibatkan sistem tanaman dan sistem

lingkungan yang kompleks, untuk mengubah energi matahari menjadi produksi tanaman. Produksi tanaman ini merupakan industri primer yang menjadi dasar banyak industri selanjutnya.

Pengertian lingkungan, pengertian sistem dan teori sistem ini perlu dipahami, karena pengertian sistem diwarnai oleh pengertian teori lingkungan dan teori sistem. Sistem budidaya tanaman atau sistem kegiatan produksi tanaman, dimana bagian kegiatannya adalah: pemanfaatan tanah, pemanfaatan iklim, pemanfaatan varietas, pemanfaatan alat-alat, pemanfaatan modal, pemanfaatan tenaga kerja, pemanfaatan kemampuan pengelolaan dari petani, pemasaran dan sebagainya, semuanya saling berpengaruh. Dalam masing-masing bagian kegiatan tersebut juga terdapat suatu sistem yang menganut kaidah-kaidah teori sistem dan teori lingkungan.

Beberapa hal yang perlu ditambahkan mengenai pertanian Indonesia adalah bahwa:

- 1) Farm adalah titik penentu utama dalam pengembangan pertanian di Indonesia
- 2) Sistem pertanian yang efektif adalah sistem yang mampu mengubah masukan-masukan (input) menjadi keluaran (output) yang sebesar-besarnya secara lestari.
- 3) Di dalam memberikan masukan-masukan baru dalam usaha budidaya tanaman, selalu perlu diperhitungkan keterkaitan factor-faktor, yang bekerja di dalamnya yang saling berkaitan. Sebagai contoh: mengintroduksi panca usaha, jagung hibrida, pengapuran

tanah dan sebagainya tidak menjamin pelipatgandaan hasil, bila tidak disertai kegiatan pendukung atau masukan-masukan lain yang berkaitan. Maka panca usaha seolah-olah berkembang menjadi "10 usaha" (dasa usaha). Panca usaha yang sifatnya teknik agronomi (kultur teknik) perlu ditambah dengan factor-faktor usaha yang lain yaitu: penyuluhan, perkreditan, kelembagaan, pengolahan hasil, pemasaran dan lain-lain.

- 4) Tiap farm tidak diorganisir persis sama satu dengan yang lain, tetapi pertanian yang diusahakan pada keadaan yang relative sama, dalam hal lingkungan alam, ekonomi dan kelembagan social, mempunyai terdensi untuk mempunyai struktur yang sama.
- 5) Sistem produksi tanaman agronomi yang tangguh pada hakekatnya adalah sistem produksi tanaman yang mempunyai produktivitas tinggi (kuantitatif dan kualitatif), efisien, serta dapat melestarikan diri.

II. KLASIFIKASI SISTEM PERTANIAN

Sistem pertanian tropik dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok (Ruthenberg, 1980):

1. Sistem pertanian yang bersifat pengumpulan hasil tanaman
2. Sistem pertanian yang bersifat budidaya tanaman
3. Sistem pertanian untuk makanan ternak dan padang penggembalaan

2.1 Sistem Pertanian dengan Pengumpulan Hasil Tanaman

Sistem ini adalah sistem pertanian yang secara langsung memperoleh hasil tanaman dari tanaman-tanaman yang tidak dibudidayakan. Sistem ini biasanya dijalankan bersamaan dengan sistem berburu binatang dan penangkapan ikan. Jarang sistem pengumpulan hasil tanaman terdapat sebagai kegiatan tunggal. Di beberapa daerah seperti di Irian Jaya sistem ini masih terdapat.

2.2 Sistem Pertanian Dengan Budidaya Tanaman

Sistem ini merupakan sistem pertanian yang paling utama. Di daerah tropik terdapat banyak sistem budidaya tanaman, dan klasifikasinya dapat dilakukan berdasarkan beberapa ciri-ciri spesifik sebagai berikut:

(a) Berdasarkan tipe rotasinya

Berdasarkan tipe rotasinya dapat diklasifikasikan 4 macam sistem budidaya tanaman yaitu: sistem dengan rotasi bera secara alami, sistem

dengan rotasi dengan makanan ternak (Ley System): sistem dengan rotasi tegalan (field system); sistem dengan rotasi tanaman tahunan.

a1) Sistem pertanian dengan rotasi bera secara alami:

Sistem ini adalah sistem dimana budidaya tanaman, bergantian dengan bera (bera = uncultivated fallow)

Bentuk-bentuk vegetasi yang terdapat pada bera secara alami dapat berupa:

- Pohon-pohon yang dominan (forest fallow)
- Semak-semak yang dominan (bush fallow)
- Kayu tahan api yang dominan dan rumput (savanna fallow)
- Rumput yang dominan (grass fallow)

a2) Sistem pertanian dengan rotasi tanaman untuk padang penggembalaan.

Ini adalah sistem dimana lahan ditanami tanaman-tanaman semusim untuk beberapa tahun, kemudian dibiarkan rumput tumbuh, atau lahan ditanami rumput dan atau leguminosa untuk padang penggembalaan

(1) Ley system yang diatur: Yaitu tanaman semusim/pangan, dirotasikan dengan tanaman rumput dan/atau leguminosa, yang dipotong untuk ternak.

(2) Ley sistem secara alami: Yaitu setelah tanaman semusim, dibiarkan rumput tumbuh secara alami untuk padang penggembalaan ternak.

- a3) Sistem pertanian dengan rotasi tegalan: sistem dimana tanaman semusim yang satu ditanam setelah tanaman semusim yang lain, pada lahan kering.
- a4) Sistem pertanian dengan rotasi tanaman tahunan. Termasuk tanaman-tanaman tahunan adalah: tebu, sisal, teh, kopi, kelapa, karet dan sebagainya. Tanaman-tanaman tahunan seperti itu dapat ditanam bergantian dengan bera, tanaman semusim, padang penggembalaan ataupun tanaman-tanaman tahunan yang lain.

(b) Berdasarkan Intensitas Rotasinya

Untuk klasifikasi sistem pertanian berdasarkan criteria intensitas rotasi, digunakan pengertian R (= intensitas rotasi) dimana:

$$R = \frac{\text{Jumlah tahun lahan ditanami}}{\text{Lama siklus (tahun)}} \times 100 \%$$

Siklus jumlah tahun lahan ditanami + tahun bera (intensitas rotasi ini memakai alat ukuran waktu).

Jadi misalkan dalam siklus 10 tahun, 2 tahun lahan ditanami, dan 8 tahun diberakan, maka $R = \frac{2}{10} \times 100 \% = 20 \%$. Atau misalkan dalam siklus 20 tahun, 2 tahun lahan ditanami, 18 tahun diberakan, maka $R = \frac{2}{20} \times 100 = 10\%$.

- Bila $R < 33 \%$, pertanian tersebut tergolong sistem perladangan (shifting cultivation)

- Bila R adalah kurang 60 % tetapi lebih dari 33 % ($33 < R < 66$). Sistem pertanian digolongkan system bera
- Bila $R > 66$ %, system pertanian ini digolongkan sistem pertanian permanen

Bila lahan bera 7 tahun, ditanami 7 tahun, maka $R = \frac{7}{14} \times 100 = 50$ %, ini tergolong sistem bera.

Istilah lain yang serupa dengan intensitas rotasi (rotation intencity) adalah intensitas penanaman (cropping intencity). Istilah ini memakai varian (alat ukur) luasan. Intensitas penanaman atau cropping intencity indeks dapat dihitung berdasarkan :

Bagian dari areal ditanami (ha) dibandingkan terhadap areal pertanian tersedia (ha), dikalikan 100 persen, atau dengan rumus:

Cropping Intencity Index =

$$I = \frac{\text{Luas areal ditanami (ha)}}{\text{Luas areal pertanian total tersedia (ha)}} \times 100 \% / \text{tahun}$$

Jadi misalkan luas areal pertanian tersedia = 100 ha, bila dari luas tersebut tiap tahun ditanami satu kali seluas 40 ha, maka

$$I = \frac{40}{100} \times 100 = 40\%$$

Makin besar I, makin besar persentase areal lahan ditanami (ha) dibandingkan dengan luas areal total (ha) tiap tahunnya.

Pada pertanian permanen, indeks penanaman (I) lebih besar dari 66 % (sebagian besar atau seluruh lahan ditanami lebih dari satu kali dengan sistem pola tanam ganda).

(c) Berdasarkan suplai air

Pertama-tama sistem pertanian tersebut digolongkan menjadi sistem pertanian dengan, atau tanpa pengairan.

Pertanian dengan sistem pengairan adalah sistem pertanian dimana air dapat diatur masuk ke dalam lapangan sehingga tingkat kelembaban lebih tinggi dibandingkan bila tanpa irigasi: umum disebut pula dengan nama pertanian lahan kering (dry farming). Pertanian kering umum terdapat pada daerah semi arid, tetapi di Indonesia dimana terdapat iklim humid-semi humid, juga banyak terdapat pertanian lahan kering.

Nama system pertanian yang lebih tepat berdasarakan klasifikasi pemberian air adalah: sistem pertanian berpengairan (irrigated farming) dan system pertanian tadah hujan (rainfed farming).

Klasifikasi lain yang juga didapat berdasarkan suplai air adalah: lahan sawah (lahan basah), yaitu tanah yang lembab dan dibuat berteras serta digenangi air dan ditanami padi sawah, meskipun lahan tersebut tidak selalu didukung dengan irigasi (misal sawah tadah hujan).

Sebagai kebaikan dari sistem pertanian lahan sawah (lowland) adalah pertanian lahan darat (upland farming) atau pertanian lahan kering, yaitu system pertanian dimana lahannya tidak digenangi air dan dalam keadaan kering (umumnya dibawah kapasitas lapang).

(d) Berdasarkan Pola Tanam

Klasifikasi sistem pertanian berdasarkan pola tanam adalah klasifikasi sistem pertanian yang terpenting di daerah tropis, yang biasanya didukung dengan penggunaan ternak. Petani-petani yang penghasilannya (gross returnnya = hasil yang diperoleh dan dipasarkan ditambah yang dikonsumsi keluarga, dan yang untuk persediaan) serupa, dapat dikelompokkan berdasarkan pola tanam yang dianut, misalnya: padi, palawija, kopi-pisang dan sebagainya. Dan dalam pertanian permanen yang intensif dapat dikenal berbagai bentuk pola tanam seperti pola tanam campuran, tumpangsari, dan sebagainya.

(e) Berdasarkan alat-alat pertanian yang digunakan

Berdasarkan hal tersebut secara garis besar dapat digolongkan sistem budidaya pertanian sebagai berikut:

(1) Sistem pertanian pra-teknis, yaitu sistem pertanian dimana hanya digunakan alat-alat sangat sederhana atau tanpa alat-alat sama sekali, seperti: pertanian bakar (pertanian perladangan yang tanpa persiapan apa-apa, kecuali dibakar untuk mendapatkan abu), perladangan tebang-bakar, sistem pelepasan ternak untuk menginjak-injak lahan sebagai persiapan tanah atau pengolahan tanah (di Pulau Sumba, Sumbawa dan sebagainya), sistem pertanian dengan tongkat-tanam, dan sebagainya.

(2) Sistem pertanian dengan cangkul dan sekop

(3) Sistem pertanian dengan bajak-garu yang ditarik hewan

(4) Sistem pertanian dengan bajak-garu yang ditarik traktor

(f) Berdasarkan tingkat komersialisasi

Berdasarkan hal ini terdapat sistem yang berbeda, dan sesuai dengan hasil kotor (gross return) yang dijual terdapat penggolongan sebagai berikut:

(1) Pertanian subsistem: yaitu dimana hampir tidak ada penjualan (< 20 % dari produksi pertaniannya dijual)

(2) Setengah komersial = Bila ± 50 % dari nilai hasil pertaniannya dikonsumsi oleh keluarga, dan selebihnya dipasarkan

(3) Pertanian komersial, yaitu bila lebih dari 50% dari hasil pertaniannya dipasarkan

(g) Berdasarkan tingkat teknologi dan pengelolaan, terutama untuk tanaman perkebunan, dapat dibedakan, perkebunan rakyat, perkebunan besar, dan PIR, sebagai berikut:

Tabel 1.1 Perbedaan perkebunan rakyat, perkebunan besar dan PIR dilihat dari segi pengolahannya

Pengelolaan	Perkebunan rakyat	Perkebunan besar	PIR (Gabungan)	
			Rakyat	Besar
Klon-varietas	Potensi produksi rendah (jenis rakyat)	Produksi tinggi unggul (jenis/var. unggul)		
Pemilikan lahan	Kecil	Besar	$\pm 60\%$	$\pm 40\%$

Teknik pertanian	Sederhana	Maju	Maju	Maju
Prosesing hasil pertanian	Sederhana	Maju	Maju	Maju
Pemasaran	Lemah/domestic	Kuat/ekspor	Kuat /ekspor	Kuat
Pengelolaan Design kebun	Ekstensif Tidak teratur	Intensif Teratur/maju	Intensif Maju	Intensif Teratur/Maju
Permodalan	Lemah	Kuat-Bank	Kredit	BI/Bank Dunia (kuat)
Petani	Penduduk setempat	Swasta/ PTP (FNP) dalam negeri/ asing	Penduduk setempat transmigrasi (plasma)	Perkebunan besar (inti)

2.3 Sistem Pertanian Padang Pengembalaan dan Peternakan

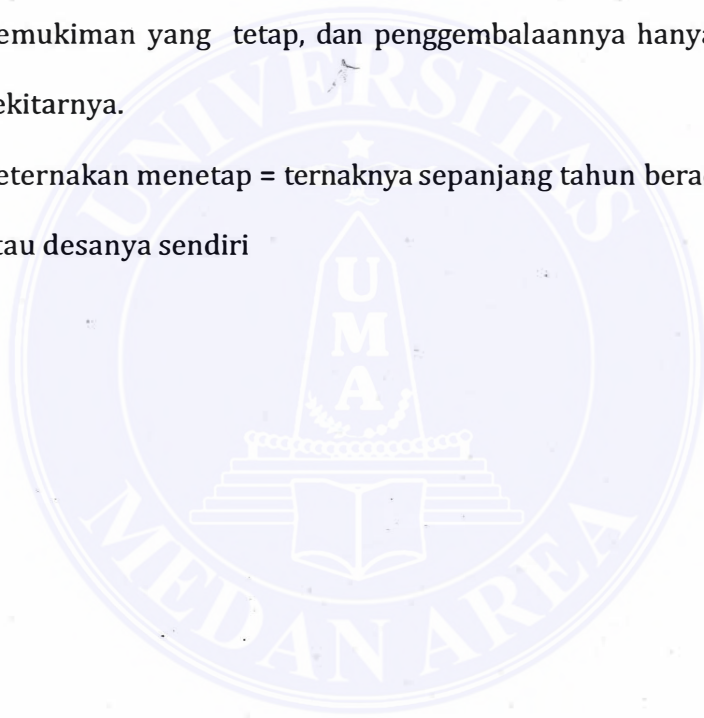
Karena rendahnya potensi lahan padang pengembalaan di daerah tropik umum, maka pengembalaan berpindah-pindah (nomadis-semi nomadis), yang kadang-kadang disertai dengan peningkatan padang pengembalaan dalam sistem Ranch, Nisban $\frac{\text{ternak}}{\text{luas}}$ umumnya rendah yaitu 2-3 ternak besar/ha

Pertanian ternak atau peternakan umumnya diklasifikasikan berdasarkan ketetapan tinggalnya (stationariness) dari peternak maupun ternaknya, sebagai berikut:

- (1) Total nomadis = Tidak ada tempat tinggal permanen bagi peternaknya, dan tidak ada sistem budidaya tanaman makanan ternak teratur, sehingga selalu bergerak
- (2) Semi nomadis = peternak mempunyai tempat tinggal permanen, dan di sekitarnya ada budidaya makanan ternak sebagai tambahan, tetapi

untuk waktu lamanya, ternak dan penggembalaannya bergerak pada daerah-daerah yang berbeda.

- (3) Transhuman = peternak mempunyai tempat tinggal permanen, tetapi ternaknya dengan bantuan penggembala, mengembara pada daerah penggembalaan yang berpindah-pindah dan jauh letaknya
- (4) Partial nomadis = peternak tinggal terus menerus pada tempat pemukiman yang tetap, dan penggembalaannya hanya pada daerah sekitarnya.
- (5) Peternakan menetap = ternaknya sepanjang tahun berada pada lahan atau desanya sendiri



III. KARAKTERISTIK SISTEM PERTANIAN DAERAH TROPIK, KHUSUSNYA DI INDONESIA

3.1 Umum

Setiap pertanian umumnya adalah merupakan hasil dan pengaruh-pengaruh lokal dari iklim, tanah, struktural sosial ekonomi dan sejarah. Faktor-faktor penentu utama dari potensi fisik untuk tanaman adalah, air, solar radiasi, dan kondisi-kondisi tanah. Faktor-faktor sosial dan manusia yang mempunyai peranan utama untuk sistem pertanian adalah: tradisi, pandangan politik dan ekonomi, agama, pasar, transport, modal dan kredit, serta penduduk. Factor lain lagi yang juga ikut mendorong bentuk/sistem pertanian adalah, ketersediaan lahan dan kualitasnya, jenis tanaman dan varietas-varietasnya serta tingkat teknologi. Tingkat teknologi tinggi dan ketersediaan lahan yang luas merupakan pendorong berkembangnya mekanisme pertanian.

Jadi sistem pertanian = f (air, radiasi solar, tanah, jenis tanaman, manusia)

Faktor-faktor manusia: tradisi, politik, ekonomi, agama, pasar, transport, modal, penduduk, pemilik, lahan, tingkat teknologi.

Daerah tropika secara geografis adalah daerah antara 23⁰LU – 23⁰LS.

Daerah tropik diwarnai dengan variasi-variasi yang cukup besar dalam hal iklim, tanah, dan ketinggian dari permukaan laut, yang kadang-kadang dalam jarak yang relative dekat, perbedaan-perbedaan besar dapat terjadi.

Sistem pertanian tropik mempunyai potensi spesifik yang bersifat positif dalam energi sinar matahari, tetapi juga mempunyai kondisi-kondisi lingkungan yang mengandung banyak kesulitan-kesulitan seperti dalam unsur iklim, masalah tanah dan masalah biotik.

3.2 Potensi Photosintesis

Prinsip dasar dari produksi pertanian adalah, konversi energi sinar matahari menjadi tanaman, yang diambil manusia dalam berbagai bentuk, produk (biji, bunga, batang, akar, dan sebagainya). Penggunaan energi pendukung sebagai masukan dalam bentuk: tenaga kerja manusia dan hewan, bahan bakar, mesin atau alat pertanian, pupuk, obat-obatan dan sebagainya, tidak lain adalah sebagai upaya untuk meningkatkan proses konversi energi matahari tersebut. Makin besar energi matahari yang tertangkap per hektar, makin besar produksi pertanian yang dapat diperoleh, bila air, hara, tenaga kerja dan sebagainya cukup tersedia.

Di daerah iklim sedang di luar tropika dapat tertangkap energi matahari 80 - 140 kcal/cm²/tahun, di daerah subtropik 140 - 190 kcal/cm²/tahun, dan di daerah tropic 130 - 220 kcal/cm²/tahun (di sahara mencapai 200 kcal atau lebih). Di kebanyakan daerah tropik intensitas penyinaran surya adalah antara 130 - 170 kcal/cm²/tahun, sehingga daerah tropik dan sub-tropik dapat menangkap energi matahari hampir dua kali, dibandingkan dengan daerah iklim sedang. Dengan demikian maka potensi produksi pertanian di daerah tropik dan subtropik dilihat dari segi potensi

energi sinar matahari, adalah lebih besar. Tetapi dalam kenyataannya, produksi pertanian riil (aktual) di daerah tropik, adalah tidak setinggi yang digambarkan (dua kali) melainkan pada umumnya hasilnya lebih rendah. Hal itu disebabkan antara lain karena syarat-syarat lain yang diperlukan untuk proses produksi yang tinggi, seringkali tidak ada, atau kurang mendukung. Misalnya dalam musim kemarau energy matahari berlimpah tetapi kelembapan atau air terbatas, sedang dalam musim hujan (yang biasanya disertai dengan banyak awan), kelembapan dan air cukup, tetapi energy matahari terbatas, sehingga hasil tetap rendah. Jadi pada saat energi matahari berlimpah jarang bersamaan dengan keadaan, diman juga kelembapan berlimpah. Hasil-hasil yang tertinggi biasanya tidak persis terdapat di daerah ekuator, tetapi pada daerah-daerah yang letaknya beberapa lintang di luar ekuator. Di daerah tropik, musim tanam terdapat sepanjang tahun, tetapi di daerah iklim sedang, musin tanam untuk tanaman serealialia hanya ± 50 persen/tahun. Di Taiwan (subtropik) waktu untuk bertanam ganda terdapat ± 93 persen dari musim tanam yang berlangsung sepanjang tahun. Daerah tropik adalah cocok untuk tanaman-tanaman yang sistem photosistesisnya tergolong C_4 seperti jagung, tebu, sorgum, dan kebanyakan rumput padangan. Golongan C_4 adalah golongan tanaman yang system photosintesisnya lebih besar dapat mengubah energi matahari menjadi energi kimia yang dapat dimakan manusia (photosintesis optimum tercapai pada suhu yang tinggi), dibandingkan dengan tanaman C_3 seperti gandum, kedelai, padi dan kebanyakan tanaman ubian, yang photosintesis

optimumnya tercapai pada suhu rendah. Di daerah tropik potensi matahari untuk mengubah energi matahari menjadi bahan kering tanaman, adalah 2-3 kali dibanding dengan daerah iklim sedang. Misalnya, hasil gula di Hawaii = 10-15 ton/ha/tahun, minyak kelapa sawit di Malaysia 5-6 ton/ha/tahun, padi di India bagian Selatan 15 ton/ha/tahun (Ruthenberg, 1980). Ini menunjukkan bahwa produktivitas yang tinggi dapat dicapai di daerah tropik. Hasil bahan kering tertinggi yang tercahtat adalah hasil rumput gajah di Puerto Rico, yaitu = 100.6 ton/ha/tahun, dengan kemampuan konversi 5.23 persen dari energi matahari (5.23 persen dari sinar surya dapat digunakan untuk fotosintesis). Umumnya konversi energi matahari dalam fotosintesis di daerah iklim sedang pada pertanian intensif adalah lebih kurang dua persen, sedang di kebanyakan daerah-daerah tropik hanyalah kurang dari 0.2 persen. Hasil tanaman pangan riil di kebanyakan daerah tropik dari Negara-negara berpenghasilan rendah, hanyalah lebih kurang separoh dari hasil pertanian Negara-negara berpenghasilan tinggi di daerah iklim sedang, meskipun potensi energi matahari jauh lebih besar. Mengapa? Karena efisiensi fotosintesis di daerah tropik masih rendah, disebabkan oleh adanya masalah-masalah/hambatan-hambatan/kesulitan-kesulitan yang belum teratasi. Radiasi solar daerah tropik merupakan potensi yang tinggi dari factor agroklimat, tetapi radiasi solar adalah merupakan factor kritik yang lebih kecil disbanding dengan curah hujan atau air dalam budidaya tanaman, dengan kata lain, radiasi solar jarang timbul sebagai

factor kritik, sedang air/kelembapan, banyak kali timbul sebagai faktor kritik dalam produksi pertanian.

3.3 Photosintesis dan Pembungaan

Pembungaan seperti banyak proses fisiologi, banyak dipengaruhi oleh genotipe. Pada beberapa tanaman, faktor ini merupakan faktor penentu dominan tetapi pada tanaman lain faktor genotipe mempunyai interaksi dengan faktor lingkungan tertentu untuk induksi pembungaan. Beberapa faktor lingkungan yang mempengaruhi induksi pembungaan yaitu panjang hari, vernalisasi, hormone, air, hara, tanaman, dan sebagainya. Untuk tanaman yang dapat berbunga sepanjang tahun biasanya memerlukan sejumlah pertumbuhan vegetative minimum, sebelum mencapai masa berbunga.

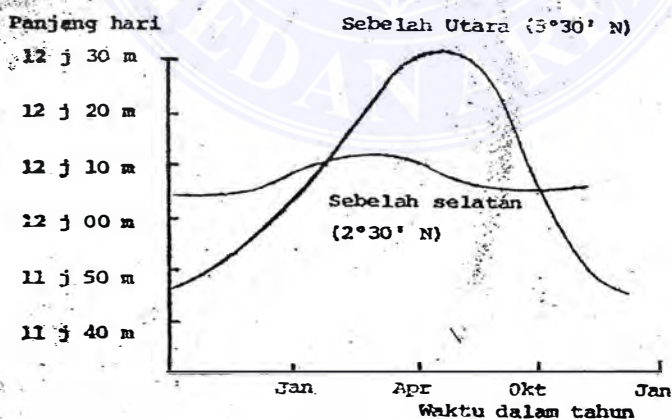
Wilayah Negara Indonesia terletak antara 94° - 145° Bujur Timur, dan antara 7° Lintang Utara dengan 11° Lintang Selatan. Lama penyinaran surya pada siang hari (panjang hari) pada suatu tempat, dipengaruhi oleh besar kecilnya lintang (latitude) pada tempat tersebut, dilihat dari garis ekuator. Pada garis ekuator panjang hari adalah 12 jam (sama dengan panjang malam hari), makin jauh dari ekuator atau makin besar lintang, perbedaan panjang siang hari dengan panjang malam hari, semakin besar. Sebagai penjelasan dapat dilihat panjang hari di berbagai tempat seperti dalam gambar 1 dan 2

Pada dua tempat di Malaysia pada letak $5^{\circ}30'$ Lintang Utara di bagian utara, dan pada letak $2^{\circ}30'$ Lintang Utara di sebelah Selatan Malaysia,

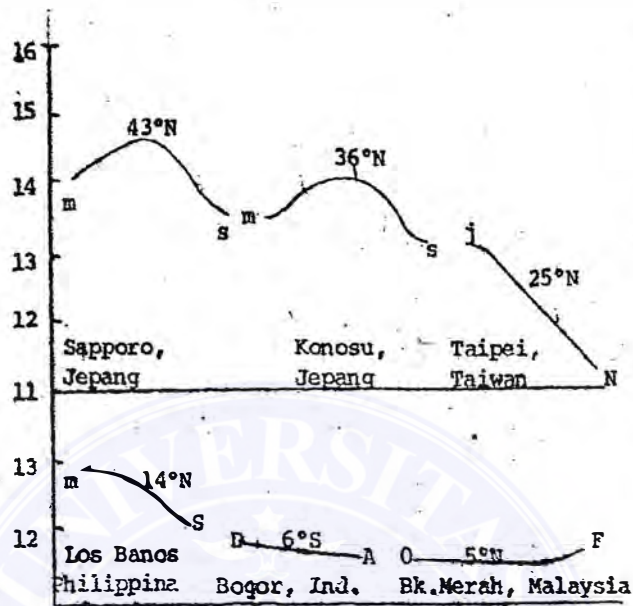
mempunyai perbedaan siang hari (siang hari terpanjang-siang hari terpendek) berturut-turut sekitar ± 40 menit, dan ± 7 menit. Di Muara Bogor pada letak 6^0 Lintang Selatan, mempunyai perbedaan siang hari ± 45 menit.

Fotoperiodisasi adalah sifat yang menggambarkan respon tanaman terhadap panjang hari (dan juga panjang malam hari). Berdasarkan sifat ini dapat dibedakan tanaman yang berhari pendek dan tanaman berhari panjang.

Tanaman yang berhari pendek adalah tanaman yang menunjukkan respon untuk mempercepat pembentukan bunga bila panjang hari lebih pendek dari panjang hari maksimum (kritis) tertentu (atau bila malam hari, makin panjang). Dan tanaman berhari panjang adalah tanaman yang menunjukkan respon untuk berbunga lebih cepat bila panjang hari lebih



Gambar 1. Perubahan panjang hari dalam waktu setahun di Malaysia sebelah utara pada lintang $5^{\circ}30'N$ dan di Malaysia sebelah selatan pada lintang $2^{\circ}30'N$ (Dore, 1960; dalam Williams, 1964).



Gambar 2. Pola panjang hari selama musim tanam padi di Bogor (musim hujan antara Desember - April) dan di beberapa tempat lain di beberapa Negara pada letak yang berbeda. (Moomaw dan Vergara, 1964; dalam Williams, 1964)

panjang dari panjang hari minimum (kritis) tertentu (disebut juga sebagai tanaman yang berhari malam pendek). Di samping tanaman berhari pendek dan berhari panjang terdapat pula tanaman berhari netral (berbunga tidak dipengaruhi panjang hari).

Sifat-sifat tersebut berbeda untuk spesies tanaman yang berbeda. Tanaman-tanaman tropik umumnya termasuk golongan tanaman yang berhari pendek, dan tanaman-tanaman berhari pendek yang diusahakan, umumnya tidak peka terhadap fotoperiodisitas. Jenis-jenis tanaman padi, kedelai, tebu, kopi, beberapa sayuran, dan sebagainya, ada yang peka terhadap fotoperiodisitas, ada yang tidak, tergantung varietasnya. Varietas-

varietas dari jenis-jenis tanaman tersebut (yang peka) yang diusahakan di Indonesia, terutama yang tergolong tanaman setahun sedapat mungkin selalu dipilih varietas-varietas yang tidak peka terhadap fotoperiodisitas, agar hasilnya tetap tinggi tanpa dipengaruhi waktu tanam atau perbedaan panjang hari. Jenis dan varietas tanaman yang peka terhadap fotoperiodisitas, yang diusahakan di Indonesia diantaranya adalah tanaman Rosella (Hibiscus sabdariffa) yang banyak diusahakan untuk pabrik karung goni.

Tanaman lain yang banyak tumbuh di Indonesia dari tanaman setahun maupun tanaman tahunan, seperti coklat, kelapa, kelapa sawit, karet, pisang, ubi kayu, nanas dan sebagainya, tidak atau kurang peka terhadap fotoperiodisitas.

Tanaman-tanaman berhari pendek yang lain yang tidak peka terhadap fotoperiodisitas mempunyai sifat: pembungaan dan pembentukan buah lebih dipengaruhi oleh keadaan fisiologis tanaman (seperti akumulasi hasil fotosintesa), serta siklus lingkungan dan keadaan lingkungan, baik yang menguntungkan dan yang kurang menguntungkan, atau variasi keduanya (kelembapan, kekeringan, intensitas cahaya, unsure hara, dan pemangkasan, devoliaski daun, suhu, hormone). Nanas misalnya untuk pembungaan dan pembentukan buah (besar kecilnya) dapat dipengaruhi hormon seperti NAA (naphthalane acetic acid).

Tanaman yang peka terhadap fotoperiodisitas, induksi sentral bagi pembungaan dan pembentukan buah adalah panjang penyinaran, tetapi

kebanyakan tanaman juga memerlukan dasar lain minimal bagi terjadinya bunga dan buah (seperti akumulasi tertentu dalam fotosintetat pada nanas, atau bila tanaman telah membentuk sejumlah daun tertentu), setelah tanaman cukup besar atau telah mencapai umur tertentu (seperti pada padi, memerlukan basis fase vegetatif). Bagi tanaman yang terhadap fotoperiodisitas, perbedaan panjang hari sebesar ± 15 menit kadang-kadang cukup berarti bagi induksi pembungaan.

3.4 Masalah-masalah Iklim

Di daerah tropik areal yang dapat ditanami sepanjang tahun adalah terbatas, karena curah hujan ataupun irigasi terbatas. Hujan di daerah tropic umumnya mempunyai pola hujan musiman dalam bentuk bimodal atau monomodal. Tanpa irigasi, tanaman semusim terbatas dapat ditanami pada musim hujan, apalagi bagi padi yang mempunyai kebutuhan air tinggi. Di daerah tropic proporsi hujan yang dapat dimanfaatkan untuk produksi tanaman adalah lebih kecil dibanding di daerah iklim sedang, akibat kehilangan air yang lebih besar oleh aliran permukaan dan evapotranspirasi.

Variasi curah hujan daerah tropik adalah sangat besar dari tahun ke tahun, juga pada tempat yang berdekatan, terutama bila curah hujan tahunnya kecil. Kapan hujan akan jatuh dan berapa jumlahnya pada setiap bulan, atau setiap musim, belum bisa diketahui sebelumnya dengan pasti. Di daerah iklim sedang variasi curah hujan bulanan adalah ± 15 persen, sedang di daerah tropic variasi curah hujan bulanan ± 30 persen. Kapasitas menahan

air dari tanah daerah tropis umumnya rendah, dan pada hari yang cerah kehilangan air oleh evapotranspirasi adalah tinggi, sehingga beberapa hari kering tanpa hujan, dapat merusak atau menurunkan hasil tanaman yang tinggi. Di samping itu hujan sering jatuh dalam bentuk hujan badai berturut-turut, atau hujan dalam jumlah besar sering jatuh pada waktu yang singkat (intensitas tinggi), yang dapat mengakibatkan lebih banyak hujan hilang banjir, dan erosi. Angin tropic di beberapa daerah sering merupakan factor yang banyak merusak tanaman (umumnya angin pada musim kering lebih besar daripada musim hujan, tetapi sering banyak menyimpang).

Suhu, intensitas radiasi, dapat berubah cepat, yang kadang-kadang dapat merugikan manusia ataupun tanaman. Suhu yang tinggi dan udara yang lembab dapat menekan kegiatan fisiologis hewan, dan dapat menyebabkan timbulnya wabah penyakit tanaman. Solar radiasi yang tinggi di daerah tropik sering disertai suhu yang tinggi, yang dapat bersifat negative bagi pertanian di daerah tropic. Meskipun solar radiasi musim kemarau selalu lebih tinggi daripada musim hujan, tetapi ketersediaan air pada musim kemarau lebih rendah, sehingga pertumbuhan tanaman umumnya terhambat, sehingga hasilnya lebih rendah. Tetapi bila irigasi baik pada musim kemarau hasil padi dapat lebih tinggi sampai ± 20 persen

3.5 Hambatan-hambatan Tanah

Tanah yang dalam pembentukannya dipengaruhi factor-faktor bahan induk, iklim dan umur, mempunyai variasi besar dalam hal jenis/tipe dan

kesesuaian untuk pertanian dan tanaman-tanaman. Tanah yang mempunyai farmasi muda baik yang berasal dari bantuan vulkanis ataupun sedimen, lebih sesuai atau lebih baik bagi tanaman-tanaman, sedang tanah yang berasal dari batuan-batuan tua mempunyai pH rendah, mengalami banyak pencucian hara, dan kapasitas menahan air adalah rendah. Karena pencucian oleh hujan hara-hara yang larut dalam air sering terbawa ke dalam lapisan tanah yang tidak terjangkau lagi oleh perakaran tanaman. Akibat itu, terutama pada daerah tropik basah, tanah mempunyai tingkat kesuburan rendah, terutama dalam hara P dan N. disamping pH yang rendah, kandungan P dan kapasitas tukar kation yang rendah, tanah-tanah di Indonesia terutama di luar Jawa, banyak yang mempunyai kandungan Al, Mn, dan Fe yang tinggi, yang dapat mempunyai sifat racun bagi tanaman. Untuk meningkatkan produktivitas lahan seperti itu diperlukan pengapuran.

Gerakan ke bawah dari mineral tanah dapat pula mengakibatkan terjadinya lapisan keras yang kedap air (hardpans) yang dapat menghambat drainase dan pertumbuhan akar. Umumnya tanah-tanah daerah tropik mempunyai kandungan bahan organik yang rendah, karena dalam keadaan iklim yang panas dan lembab bahan organik cepat terurai (proses mineralisasi).

Factor-faktor tanah lain, dapat mengurangi kesesuaian lahan bagi tanaman adalah struktur tanah, yang pada umumnya kurang baik, serta erodibilitas yang tinggi. Keadaan yang demikian menyebabkan bahwa tanah kurang cocok untuk diusahakan secara intensif, karena mudah terjadi erosi,

lebih-lebih bila tanpa penutup tanah. Erosi oleh air permukaan adalah umum dan merupakan bahaya yang terus menerus, terutama karena intensitas hujan yang tinggi dan permeabilitas yang kurang baik. Pengelolaan tanah daerah tropik merupakan suatu hal yang harus diperhatikan dengan baik, terutama pada lahan kering.

3.6 Hambatan-hambatan Biotik

Komposisi biologis daerah tropik umumnya terdiri dari spesies tumbuh-tumbuhan alami maupun introduksi yang sangat banyak, dan bervariasi. Lingkungan pertanian yang panas dan lembab sepanjang tahun memungkinkan terdapatnya hasil tanaman yang tinggi, tetapi berbagai jenis gulma, hama dan penyakit juga banyak terdapat, dan dapat berkembang dengan pesat, sehingga berbagai penyakit dan hama dan kompetisi dengan gulma berjalan keras, yang dapat menimbulkan banyak masalah. Penyakit virus, bakteri, cendawan dan sebagainya dan berbagai bentuk hama besar dan kecil, merupakan masalah-masalah besar pada pertanian daerah tropik. Pada pertanian lahan kering daerah tropik, gulma merupakan masalah yang berat.

3.7 Implikasi Berbagai Hambatan terhadap Pertanian Tropik

Dengan terdapatnya berbagai masalah tanah, iklim, dan biotis seperti yang diuraikan dengan singkat di atas, maka pertanian daerah tropik dihadapkan kepada berbagai masalah operasional sebagai berikut: pemeliharaan kesuburan tanah yang mahal, pertanian dengan banyak resiko,

timbulnya masalah-masalah musiman; serta berkembangnya produktivitas tenaga kerja yang rendah.

(a) Pemeliharaan Kesuburan Tanah yang Mahal

Secara alami, umumnya keseimbangan kesuburan tanah terjadi karena kehilangan hara akibat pencucian, hanyut dan pengapuran, dapat diimbangi dengan penguraian secara kimia bahan-bahan organik dalam tanah dengan bantuan jasad-jasad renik tanah (mineralisasi), suplai hara ke atas permukaan tanah oleh tumbuh-tumbuhan yang berakar dalam berbentuk pohon, fiksasi unsure hara dari udara, dan sebagainya. Berbeda dengan proses kesimbangan hara secara alami tersebut, budidaya tanaman ataupun bentuk-bentuk lain dari pertanian, condong mempunyai sifat menguras (eksploitatif), karena terangkutnya tanaman/bagian tanaman yang mengandung hara dari tempat dimana mereka diproduksi secara terus – menerus, tanpa diimbangi dengan pengembalian residu-residu yang tertinggal. Secara alami kadang-kadang kehilangan tersebut berimbang dengan yang kembali; tetapi yang umum terjadi adalah proses yang tidak seimbang karena kerusakan akibat tingkah laku manusia serta terangkutnya hasil secara terus-menerus tanpa diimbangi dengan pengembalian yang memadai. Cepat atau lambat sistem pertanian yang demikian akan mendorong merosotnya ketersediaan hara tanah, temporer atau permanen. Maka pemeliharaan kesuburan maupun perbaikan kesuburan tanah terutama

pada pertanian lahan kering yang intensif, adalah mahal, lebih-lebih bila tidak disertai dengan tindakan-tindakan yang cepat.

Petani-petani kecil di daerah tropis umumnya dihadapkan kepada pilihan, budidaya tanaman dengan masukan rendah, tetapi hasilnya rendah pula bahkan dengan tendensi makin mundur, atau alternative lain: mempertahankan atau mempertingg kesuburan lahan dengan masukan energi yang tinggi untuk hasil yang tinggi, dalam pertanian intensif. Pendekatan terakhir ini mendorong kemungkinan pemanfaatan potensi alami (energi matahari) secara efektif, tetapi secara ekonomis, mungkin mahal, bila dihitung dari keluaran yang diperoleh per unit energi masukan. Dengan kata lain, bentuk pertanian yang efektif dalam memanfaatkan energi matahari, condong kurang efisien dan bentuk pertanian yang efisien dalam penggunaan masukan energi (pemupukkan rendah), condong kurang efektif dalam pemanfaatan energi matahari (hasil rendah). Masalah ini bisa diatasi antara lain dengan pemuliaan tanaman untuk mendapatkan varietas-varietas tanaman yang lebih efektif memanfaatkan surya, dan yang responsive terhadap pemupukan, serta toleran pada keadaan lingkungan yang tidak sepenuhnya optimal, atau mencari sistem budidaya tanaman yang lebih tepat. Produksi tanaman pangan umumnya menjadi sangat rendah, yaitu 500-1000 kg/ha, yang berarti hanya 20-50 persen dari potensi produksi bahan kering secara alami, sedang didaerah iklim sedang, produksi bahan kering dari

budidaya tanaman, kurang lebih sama dengan produksi bahan kering yang tercapai secara alami.

- (b) Dalam pertanian rakyat, petani pada umumnya mempunyai keharusan untuk menghasilkan tanaman pangan bagi kebutuhan keluarga, sehingga petani tidak hanya menghadapi resiko kegagalan tanamannya akibat factor-faktor iklim, tanah, hama dan penyakit, tetapi pula resiko terganggunya persediaan makanan keluarga, bila usaha pertaniannya gagal.

Salah satu cara untuk membagi atau menyebarkan resiko tersebut, serta untuk lebih menjamin persediaan makanan keluarga yang lebih baru dan kontinyu, petani perlu mengadakan diversifikasi dapat ditempuh dengan cara, sejumlah jenis tanaman diusahakan pada musim yang sama (seperti penanaman campuran dan tumpang-sari) atau pada musim yang berbeda, seperti penanaman sisipan dan beruntun. Bentuk penanaman lain untuk resiko melalui diversifikasi dapat pula dalam bentuk penanaman jenis tertentu (varietas-varietas tertentu) pada waktu-waktu tanam yang berbeda, misalnya pada waktu awal, pertengahan dan akhir dari periode musim tanam, sehingga periode tanam dan periode panen diperpanjang. Diversifikasi dapat pula dilakukan dengan penanaman berbagai jenis tanaman (termasuk jenis tanaman yang belum biasa diusahakan) pada luasan-luasan kecil secara terpisah pada musim yang sama. Penanaman ganda (multiple cropping) adalah merupakan bentuk umum dari sistem

diversifikasi yang dilakukan petani untuk penyebaran resiko dari usaha pertaniannya.

Diversifikasi tidak selalu menguntungkan dilihat dari segi pemasaran; misalnya penanaman suatu jenis tanaman yang baru yang sedang diintrodukir, atau penanaman suatu jenis tanaman dilur musim tanaman (termasuk pada musim tanam yang paling jelek); bila kebetulan, karena iklimnya lagi cocok, tanaman tersebut berhasil baik, hasil tersebut bisa mengalami kesulitan pemasaran karena masih merupakan produk baru atau karena hasilnya menjadi berlimpah/over produksi.

(c) Timbul masalah-masalah Musiman

Masalah-masalah musiman dapat timbul akibat perbedaan iklim yang tajam yaitu antara musim hujan dan musim kemarau, antara pertaniand dengan irigasi dan tanpa irigasi dan sebagainya, terutama dilihat dari segi operasional dan produktivitas tenaga kerja. Pada musim hujan, semua kegiatan memupuk, sedang pada musim kemarau, kegiatan terbatas atau tidak ada. Disamping itu dapat terjadi, bahwa pada waktu dimana semua kegiatan harus dilakukan (pengolahan tanah, penanaman dan seterusnya) jatuh bersamaan dengan keadaan dimana persediaan makanan terbatas. Masalah-masalah yang timpang karena pemanfaatan tenaga kerja yang tidak merata akibat adanya perbedaan musim/iklim yang tajam, yang terjadi berulang-ulang, dapat diatasi dengan diversifikasi seperti tersebut diatas atau mungkin dengan mekanisme terbatas (untuk mengatasi

kekurangan tenaga kerja pada waktu-waktu tertentu seperti pada pengolahan tanah, penyiangan dan pada waktu panen)

(d) Produktivitas Tenaga Kerja yang Rendah

Masalah ini berkaitan dengan adanya resiko dan ketidakpastian, serta rendahnya hasil kerja per jam/hari/bulan/tahun. Situasi demikian dapat mendorong kearah sifat malas dari petani, sehingga bila mempunyai uang, petani condong untuk mengupahkan pekerjaan-pekerjaan, meskipun pengambilan tenaga kerja dari luar tidak selalu disertai dengan peningkatan produksi. Petani sebetulnya cenderung untuk mencari tanaman-tanaman baru, atau cara-cara lain yang dapat memungkinkan mempertinggi pendapatan tenaga kerja serta tidak terlalu besar resikonya. Maka yang perlu dikembangkan kepada petani adalah cara-cara dan pendekatan-pendekatan yang sesuai dengan kepentingan dan kemampuan mereka.

3.8 Dinamika dan Prospek Pertanian Tropik, Terutama Indonesia

Meskipun terdapat banyak masalah yang kompleks seperti masalah tanah, iklim, biotik, harga, pemasaran, kelembagaan social, produktivitas tenaga kerja rendah, dan sebagainya, terutama yang berkaitan dengan pertanian rakyat/petani kecil, tetapi pada umumnya pertanian tropik juga menunjukkan sifat-sifat dinamik. Di Indonesia melalui berbagai usaha perbaikan intensifikasi yang makin mengarah dengan tepat, peningkatan-

peningkatan hasil dapat tercapai, dan gairah-gairah petani makin berkembang terutama sejak dimulainya pelita pada tahun tujuh puluhan.

Peningkatan pemanfaatan air dan kelembapan melalui irigasi perlu dikembangkan semaksimal dan seefektif mungkin karena bentuk pertanian sawah merupakan bentuk pertanian tropik yang produktif dan dapat melestarikan diri; bentuk-bentuk pertanian lahan kering bagi tanaman pangan, tanaman tahunan, tanaman hortikultura dan untuk padang penggembalaan serta makanan ternak, masih harus terus dikembangkan dan ditingkatkan melalui perluasan areal pertanian dan intensifikasi sekaligus untuk menghadapi tekanan masalah penduduk, baik dikaitkan dengan program transmigrasi atau tidak.

Untuk menunjang program-program penggembalaan teknologi pertanian yang efektif memanfaatkan potensi energi surya, air/kelembaban, biologi dan masukan-masukan seperti pupuk dan lain-lainnya serta teknik pemulihan tanaman yang produktif melalui kultur jaringan dan sebagainya, yang dapat mempercepat penemuan jenis tanaman dan varietas-varietas yang lebih produktif dan mempunyai daya adaptasi tinggi

IV. PERANAN AGROKLIMAT DAN AIR DALAM SISTEM BUDIDAYA TANAMAN

4.1 Klasifikasi Agroklimat

Daerah tropik dekat ekuator mempunyai sirkulasi udara rendah dan tenaga angin di lautan minim. Bila udara mendingin udara menjadi jenuh dan hujan besar bisa terjadi. Iklim dipengaruhi oleh angin pasat tenggara yang basah pada musim hujan dan angin timur dari daratan Australia yang kering pada musim kemarau. Curah hujan di Indonesia bagian barat tinggi, dan menuju ke tenggara curah hujan makin berkurang. Terdapat tiga tipe curah hujan tropik, yaitu tipe curah hujan asiatic (Nopember-Maret kering) tipe curah hujan Pulau Buru (bimodal dan musim kering yang lemah), tipe Jawa (mempunyai musim kemarau yang jelas-Oktober) (Oldeman, 1979). Musim kering yang jelas itu isohyets 1500 mm terdapat dari Jawa Timur, ke Timur sampai ke Irian Jaya bagian Selatan, ke Utara sampai Sulawesi (Rumawas, 1985).

Secara makro daerah tropic dapat dikatakan mempunyai sifat iklim teratur dilihat dari segi radiasinya, suhu udara, kecepatan angin dan evaporasi. Daerah tropik dibagi menjadi beberapa sub-daerah dengan berbagai kriteria, dan salah satu kriteria yang paling relevan untuk pertanian adalah curah hujan.

Salah satu unsure curah hujan yang dipakai untuk klasifikasi daerah tropik adalah curah hujan bulanan. Bulan yang mempunyai curah hujan bulanan lebih besar atau sama dengan evapotranspirasi bulanan

200mm/bulan, disebut bulan lembab atau bulan basah. Berdasarkan banyaknya bulan basah dalam setahun, daerah tropik dapat dibagi menjadi (Throl 1966 dalam Ruthenberg, 1980): daerah beriklim sangat lembab (bulan basah lebih dari Sembilan bulan), daerah beriklim lembab (bulan basah 4 ½ - 7 bulan), dan daerah beriklim setengah kering (bulan basah 2 - 4 ½ bulan). Di kebanyakan daerah terutama di daerah setengah kering ketersediaan air untuk tanaman merupakan hambatan utama, lebih-lebih untuk penanaman sepanjang tahun. Di daerah setengah kering penanaman beruntun hanya dapat dilakukan bila ada pengairan. Di samping berdasarkan bulan basah, daerah tropik dapat pula dibagi berdasarkan ketinggian di atas laut menjadi dataran rendah dan dataran tinggi. Setiap elevasi naik 100 m, suhu udara turun 0.6°C.

Berdasarkan data curah hujan di Indonesia, selama ±50 tahun, Oldeman (1979) membagi daerah iklim atau daerah agroklimat di Indonesia menjadi zone-zone agroklimat. Disamping membagi daerah agroklimat Indonesia menjadi zone-zone, Oldeman membagi zone-zone tersebut menjadi sub-zone berdasarkan bulan-bulan kering (bulan yang curah hujannya kurang atau sama dengan 100 mm), yang terdapat dalam satu tahun. Berdasarkan bulan basah dan bulan kering tersebut di atas, maka daerah agroklimat di Indonesia menurut klasifikasi Oldeman dapat dibagi menjadi zone dan sub-zone seperti dalam Tabel 2 dan Gambar 3

Tabel 2 Pembagian agroklimat menjadi zone dan sub-zone berdasarkan bulan basah dan bulan kering, menurut Oldeman

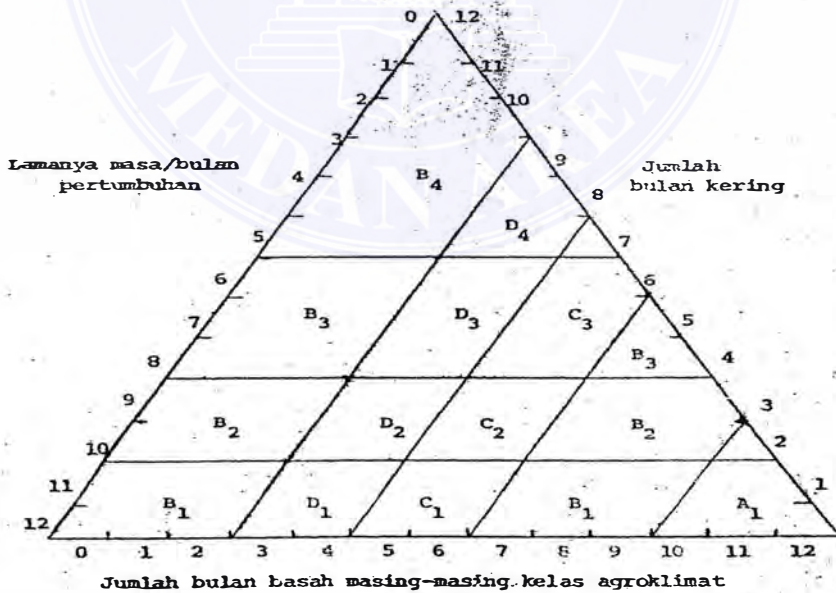
Zone agroklimat	Subzone agroklimat	Jumlah bulan basah	Jumlah bulan kering
A		10-12	
	A ₁	10-12	< 1
	A ₂	10-12	< 2
B		7-9	
	B ₁	7-9	< 2
	B ₂	7-9	2-3
	B ₃	7-9	4-5
C		5-6	
	C ₁	5-6	< 2
	C ₂	5-6	2-3
	C ₃	5-6	4-6
D		3-4	
	D ₁	3-4	< 2
	D ₂	3-4	2-3
	D ₃	3-4	4-6
	D ₄	3-4	> 6
E		3	<
	E ₁	3	a
	E ₂	3	2-3
	E ₃	3	4-6
	E ₄	3	> 6

klasifikasi agroklimat Oldeman ini banyak manfaatnya bagi perencanaan dan pengembalaan pertanian di Indonesia.

Bentuk-bentuk pola tanaman yang dapat dikembangkan terutama pada pertanian kering di suatu daerah, banyak dipengaruhi oleh zone agroklimat serta bentuk pola curah hujan terdapat di daerah itu.

4.2 Kebutuhan Air Tanaman

Kebutuhan air tanaman atau disebut pemakaian air konsumtif tanaman adalah jumlah kehilangan air per satuan luas (dalam mm) yang di Akibatkan oleh kanopi tanaman (transpirasi) ditambah air evaporasi (hilang karena penguapan pada luasan permukaan). Jadi kebutuhan air tanaman atau pemakai air konsumtif adalah kehilangan air oleh evapotranspirasi.



Gambar 3. Zone Agroklimat untuk Indonesia menurut Oldeman

Contoh: C₂ Masa pertumbuhan 9-10 bulan
 Periode basah 5-6 bulan
 Periode kering 2-3 bulan.

Kehilangan karena evaporasi atau evaporasi potensial, lebih konstan dari tahun ke tahun, karena faktor penentu utamanya adalah radiasi matahari. Faktor-faktor penentu tambahan yang lain adalah kelembaban udara, kecepatan angin, luas permukaan (tanah) dan penutupan luas, bila tanaman menutup tanah, evaporasi berkurang.

Untuk transpirasi tanaman, faktor penentunya adalah tajuk (kanopi), sehingga kehilangan air ini dipengaruhi oleh jenis tanaman, varietas tanaman, fase pertumbuhan tanaman, kelembaban tanah, dan jenis tanah.

Sistem budidaya tanaman mempengaruhi evapotranspirasi actual dari tanaman dan komponen-komponennya, serta nisbah $\frac{\text{evaporasi}}{\text{transpirasi}}$ atau $\frac{\text{transpirasi}}{\text{evaporasi}}$, tetapi pengaruh ini tidak selalu berbeda nyata. Pada waktu lapangan terbuka tidak ada vegetasi dan tidak ada penutup tanah lain, angin kencang, dan intensitas radiasi tinggi, evaporasi akan tinggi, dan sebaliknya bila tanaman menutup tanah, transpirasi naik tetapi evaporasi berkurang. Bila Nisbah $\frac{\text{transpirasi tanaman}}{\text{evaporasi tanah}}$ meningkat, ini berarti efisiensi pemakaian evapotranspirasi tanah meningkat dan pertumbuhan tanaman makin baik. Data pemakaian air konsumtif actual masih terbatas, terutama di Indonesia, dan Kung 1971 (dalam Beets, 1982) memperkirakan bahwa konsumsi air rata-rata untuk beberapa tanaman di beberapa Negara Asia, sebagai berikut:

Tabel 3 Konsumsi air rata-rata (evapotranspirasi) untuk beberapa tanaman di beberapa Negara di Asia

Jenis tanaman	Konsumsi per bulan (mm)	Periode tumbuh (bulan)	Konsumsi air total periode tumbuh (mm)
Padi	150-200	5	750-1000
Jagung	85-100	4	350-400
Kacang tanah	80-100	5	400-500
Kedelai	75-100	3.5	300-350

Pemakaian air konsumtif tanaman padi pada kondisi intensitas cahaya rendah adalah ± 150 mm/bulan dan pada intensitas cahaya tinggi ± 20 mm/bulan; untuk palawija umumnya $\pm 125-150$ mm/bulan bila kanopi penuh, dan pada kondisi rata-rata kapasitas memegang air dari tanah 70-100 mm/bulan.

Dari percobaan Seksi Agronomi dari PTP IX di Medan (tidak dipublikasikan) untuk tanaman tembakau Deli, sesudah bibit dipindahkan ke lapangan terdapat kebutuhan air tanaman sebagai terlihat pada table 4. Kecuali kebutuhan air konsumtif berbeda, jenis-jenis tanaman yang berbeda juga mempunyai respon yang berbeda terhadap kekurangan air atau terhadap kekeringan.

4.3 Kebutuhan Curah Hujan bagi Tanaman dan Irigasi

Unsur meteorologi pertanian yang paling banyak diamati di Indonesia adalah curah hujan. Data curah hujan tahunan, bulanan, mingguan, yang telah

terkumpul selama 10 tahun atau lebih di suatu daerah dapat digunakan untuk perancangan dan pengembangan berbagai jenis tanaman di daerah itu, lebih-lebih bila kebutuhan air tanaman dari jenis-jenis tanaman telah diketahui.

Dengan menggunakan data curah hujan selama ± 15 tahun dari berbagai daerah di Indonesia, dan dengan menggunakan perhitungan probabilitas curah hujan minimum 75 persen, Oldeman (1979) mendapat rumus korelasi antara kebutuhan air tanaman bulanan dengan rata-rata curah hujan bulanan sebagai berikut:

$$Y = 0.82 x - 30$$

Dimana Y = kebutuhan air tanaman (evapotranspirasi) rata-rata per bulan

X = rata-rata curah hujan per bulan (dengan peluang 75 persen).

Dengan menggunakan rumus tersebut, maka bila kebutuhan air tanaman dari suatu jenis tanaman rata-rata per bulan diketahui, maka rata-rata curah hujan per bulan yang diperlukan untuk jenis tanaman itu, dapat diperhitungkan.

Tabel 4 Kebutuhan air tanaman Tembakau Deli, Medan per minggu, setelah pemindahan bibit ke lapangan

Umur setelah tanam (minggu ke)	Kebutuhan air tanaman tembakau (mm/minggu)
1	18
2	18
3	26
4	37
5	48

6	64
7	74
8	74
9	68
10	49
11	49
Total 11	525

Berdasarkan data rata-rata kebutuhan air tanaman untuk tanaman padi = 150 mm/bulan, dan untuk tanaman palawija = 75 mm/bulan, maka rata-rata diperoleh angka, bahwa untuk tanaman padi diperlukan curah hujan rata-rata 213 mm/bulan, dan untuk golongan tanaman palawija rata-rata = 120 mm/bulan. Berdasarkan angka-angka ini pula maka ditentukan bahwa bulan yang curah hujan rata-ratanya = 200 mm/bulan disebut sebagai bulan basah (bulan lembab) dan bulan yang curah hujan rata-ratanya = 100 mm/bulan disebut sebagai bulan kering. Berdasarkan data tersebut maka untuk tanaman padi rata-rata minimum diperlukan curah hujan bulanan 200 mm/bulan, dan untuk palawija = 100 mm/bulan. Dengan ini diperhitungkan secara umum, bahwa bila curah hujan bulanan selama musim tanam rata-ratanya kurang dari 200 mm/bulan maka musim itu tidak baik untuk padi, dan bila rata-ratanya kurang dari 100 mm/bulan tidak baik untuk palawija. Periode tanam yang total curah hujannya melebihi evapotranspirasi, disebut periode tanam yang total curah hujannya melebihi evapotranspirasi, disebut periode tanam yang normal. Dalam suatu periode basah dapat ditolerir terdapatnya satu bulan, dimana curah hujannya kurang dari 200 mm/bulan

tetapi asal masih melebihi 100 mm (bulan yang curah hujannya 100-200 mm digolongkan sebagai bulan tanam). Lamanya periode basah menunjukkan kesesuaian iklim di suatu daerah bagi tanaman padi sawah tanpa pengairan atau padi sawah tadah hujan. Dan lamanya musim kering (hujan bulanan kurang dari 100 mm) menunjukkan kondisi dimana palawija akan menderita.

Hal lain yang perlu diperhatikan sehubungan dengan kebutuhan hujan rata-rata bulanan seperti tersebut di atas adalah, kebutuhan air untuk waktu tanam. Sehubungan dengan ini maka timbul istilah curah hujan efektif untuk penanaman. Pengertian ini penting gunanya bagi penentuan permulaan waktu tanam yang efektif (tidak terlalu maju tetapi juga terlalu lebar karena waktu tanam yang maju tetapi tepat adalah lebih menguntungkan). Sehubungan dengan itu maka permulaan waktu lama efektif yang umum disepakati adalah:

- (1) Waktu, dimana hujan telah jatuh dan jumlahnya telah mampu membasahi 5 cm lapisan tanah paling atas sampai keadaan kapasitas lapang
- (2) Hujan selama 10 hari setelah hujan tersebut minimum sama dengan 20 mm

Pengertian lain dari curah hujan yang juga penting artinya untuk tanaman adalah curah hujan efektif. Dan yang dimaksud dengan curah hujan efektif adalah bagian dari curah hujan yang betul-betul masuk ke dalam tanah dan tinggal di daerah perakaran tanaman, serta dapat diserap tanaman, ini

berarti sama dengan total curah hujan, dikurangi hujan yang hilang karena penguapan, aliran permukaan dan perkolasi dalam.

Pengertian lain dari curah hujan yang juga penting bagi penentuan waktu tanam adalah pengertian hujan terpercaya. Dan yang dimaksud dengan hujan terpercaya ini adalah, sejumlah curah hujan yang untuk terjadinya, mempunyai probabilitas minimum tertentu. Hujan terpercaya pada pra-periode hujan (pra-periode tanam) banyak gunanya untuk memberikan waktu tanam yang tepat, tetapi jumlah itu tidak banyak untuk kebanyakan daerah. Variabilitas hujan adalah faktor yang banyak diperhatikan, terutama pada permulaan periode tanam (penentuan saat tanam) dan akhir musim tanam (penentu panen).

Pada kondisi dimana suplai air untuk tanaman cukup, maka produksi maksimum dengan berbagai usaha (masukan) merupakan tujuan yang harus bisa dicapai dengan mengatur waktu tanam, masukan-masukan, dan teknik budidaya tanaman yang optimum.

Pada periode masak sampai menjelang panen, pemakaian air konsumtif harus dikurangi, kalau perlu sampai nol (seperti tanaman kedelai, kapas) agar mendapat mutu hasil yang tinggi (irigasi dikurangi, kemudian dihentikan)

Tekanan kekurangan air pada waktu tanaman berkecambah, berbunga, pembentukan biji dan stadia-stadia peka yang lain akan banyak menurunkan hasil.

Dalam pemberian air irigasi atau dalam pengairan, di samping memperhitungkan pemakaian air konsumtif tanaman, harus pula diperhitungkan kehilangan air akibat perkolasi dan perembesan, serta kehilangan air dalam saluran primer, sekunder dan tertier. Pada waktu hujan badai intensitas curah hujan (jumlah curah hujan yang jatuh per satuan waktu) adalah tinggi, dan intensitas curah hujan ini akan banyak mempengaruhi erosi tanah dan efektivitas curah hujan.

Untuk memperbaiki perencanaan penanaman padi dan palawija pada daerah tadah hujan, dapat digunakan model perhitungan probabilitas curah hujan (ZANDSTRA, 1979). Untuk menetapkan permulaan dan akhir mesin hujan di suatu lokasi, perlu mengetahui probabilitas curah hujan di lokasi itu untuk mendapat sejumlah akumulasi curah hujan tertentu pada waktu (tanggal) tertentu; misalnya untuk permulaan musim hujan, probabilitas sejumlah curah hujan 25, 50, 75, 100, 200, 300, 400 mm, dan pada akhir musim probabilitas hujan sejumlah 500, 400, 300, 200, 100 mm. Probabilitas 50 persen adalah merupakan variasi yang cukup besar bagi permulaan dan akhir musim hujan.

Untuk memperhitungkan air yang masuk dan yang hilang dalam petak pengairan dapat digunakan rumus neraca air sebagai berikut :

$$I + R + S_1 + G_1 = ET + S_0 + G_0 + P + D$$

Dimana : I = irigasi

R = hujan

S₁ = rembesan ke luar

G_1 = besarnya air tanah yang masuk

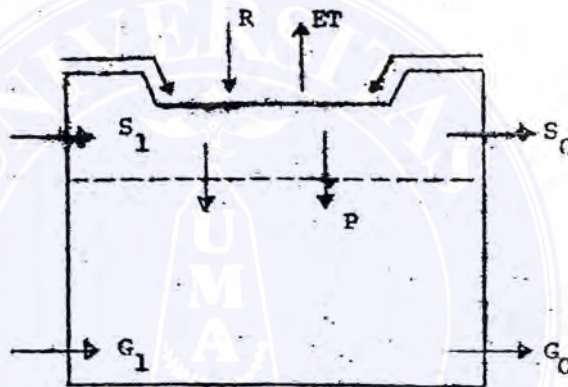
G_0 = besarnya air tanah yang keluar

ET = evapotranspirasi

P = perkolasi

D = air irigasi yang dibuang melalui permukaan tanah

Sebagai penjelasan dapat diberikan gambar berikut



Gambar 4. Neraca air pengairan dalam tanah

Air rembesan adalah gerakan air horizontal yang dipengaruhi pematang dan umumnya kecil. Perkolasi adalah gerakan air vertikal yang dipengaruhi tekstur tanah dan dalamnya air. Jumlah air yang diberikan untuk pengairan biasanya melebihi air yang dibutuhkan sehingga ada air yang harus dibuang ke saluran pembuangan (D).

Berdasarkan pengalaman di daerah pengairan sungai Pekalen Sampean di Jawa Timur, Effendi Pasandaran (IRRI, 1977) mengemukakan,

kebutuhan irigasi relative (KIR) untuk tanaman padi dan palawija adalah sebagai berikut.

Tabel 5 Kebutuhan irigasi relative untuk beberap tanaman

Tanaman	Kebutuhan Irigasi Relatif (indeks)
Padi	
Pesemaian	20
Pengerjaan tanah	6
Pertumbuhan setelah pemindahan	4
Tebu	1.5
Palawija	1.0

Indeks kebutuhan irigasi relative tersebut biasanya digunakan sebagai parameter untuk menentukan kebutuhan air irigasi untuk daerah yang sudah maju seperti di Jawa. Di Pekalen Sampen, Jawa Timur dikembangkan konsep pengairan untuk tanaman tebu dan palawija yang dikenal dengan "konsep pasten" sebagai berikut (Effendi Pasandaran, dalam IRRI, 1977)

$$P = \frac{Q}{A}$$

Dimana : P = Konstanta pasten atau indeks pasten (bagian dari air pengairan yang masuk petak pengairan; biasanya antara 0.20-0.25 untuk tanaman palawija gadu pada musim kemarau)

Q = Debit air dalam liter/detik

A = Areal yang dapat diairi dalam hektar, dengan asumsi bahwa tanaman yang ditanam pada musim kemarau hanya tanaman palawija

Karena dalam musim kemarau dalam areal pengaian irigasi biasanya juga ditanam pula padi gadu dan tebu disamping tanaman palawija, dengan menggunakan indeks KIR, rumus tersebut dapat dikembangkan menjadi:

$$P = \frac{Q}{KIR (A)}$$

atau

$$P = \frac{Q}{\sum (KIR_{(i)} A_{(i)})}$$

Dimana : $KIR_{(i)}$ = kebutuhan irigasi relative tanaman (i)

$A_{(i)}$ = luas yang diairi (hektar) dari tanaman (i)

Untuk perencanaan pengairan tanaman padi dan palawija, secara umum biasanya digunakan perhitungan kebutuhan air tanaman 1 liter/detik/ha atau 0.864 cm/hari

V. KLASIFIKASI LAHAN, TANAH, HARA TANAMAN

Lahan dalam budidaya tanaman mempunyai defenisi serta fungsi sebagai berikut:

- a. Suatu bidang dimana tertampung sinar surya dan curah hujan
- b. Suatu media tempat perakaran tumbuh, berkembang dn bertumpu
- c. Suatu sistem biotik dan abiotik, yang merupakan sumber hara, air, udara bagi pertumbuhan tanaman. Dari unsur-unsur C, H, O, N, S, P, K, Ca, Mg, Fe, B, Cu, Mn, Cl, Zn, Mo, yang diserap dari udara hanyalah C dan O, sedang selebihnya diambil dari tanah.
- d. Suatu tempat dimana benih/bibit ditanam, tajuk berkembang di atasnya dan memanfaatkan tenaga surya dan udara

Lahan yang merupakan suatu sistem lingkungan, media dan tempat, dimana tanaman dapat tumbuh, berkembang, dan memberi hasil untuk manusia dan ternak itu, mempunyai kemampuan (kesesuaian) yang berbeda bagi pertumbuhan tanaman, diukur dari ciri-ciri atau parameter-parameternya.

5.1. Klasifikasi Kemampuan dan Kesesuaian Lahan

Kemampuan dan kesesuaian lahan mempunyai persamaan dalam arti bahwa baik kemampuan lahan maupun kesesuaian lahan, ditentukan berdasarkan parameter-parameter tanah dan beberapa parameter iklim. Perbedaan antara keduanya terutama adalah, bahwa klasifikasi, kemampuan lahan dibuat dengan menggunakan parameter tanah dan iklim, untuk semua

jenis tanaman, sedangkan klasifikasi kesesuaian lahan dibuat dengan menggunakan parameter tanah dan iklim, bagi satu atau segolongan tanaman tertentu.

Klasifikasi kemampuan dan kesesuaian dapat dibuat untuk berbagai tingkat ketelitian, sesuai dengan survei dan data dari pemetaan tanah yang dilakukan sebelumnya. Tingkat-tingkat survei dan pemetaan tanah yang biasanya dilakukan untuk pertanian adalah: eksplorasi skala (1: 250.000 ke atas), tinjau (1:100 000 - 250 000), tinjau mendalam (1 : 50 000 - 100 000), semi detail (1 : 20 000 - 50 000), detail (1 : 5 000 - 20 000), sangat detail (1 : < 5 000).

Parameter tanah dan iklim serta klasifikasi yang dapat digunakan untuk klasifikasi kemampuan dan kesesuaian lahan adalah seperti dalam tabel 6

Tabel 6. Klasifikasi parameter-parameter tanah (Staf PPT, 1982)

Parameter		Klasifikasi		Parameter
1.	Keadaan efektif tanah	Dalam (>75 cm)	Sedang (75-25 cm)	Dangkal < 25 cm
2.	Kelas besar butir/tekstur	Halus (liat dominan)	Sedang (liat debu, pasir seimbang)	Kasar (pasir dominan)
3.	Lereng berbukit	Bergelombang (8-15 %)	Berombak (3-8 %)	Datar (< 3%)
4.	Drainase	terhambat	agak terhambat	Cepat

5. Zone agroklimat (Oldeman <i>et al</i>)	Basah (A + B)	Sedang (C)	Setengah kering (D + F)
6. Ketinggian tempat	Rendah (< 500m)	Sedang (500-1000 m)	Tinggi (> 1000 m)
7. Banjir dan genangan	Kurang 2 bulan tanpa genangan permanen <1m	Kurang 7 bulan tanpa genangan permanen <1m	Kurang 7 bulan dengan genangan permanen 0.5 – 1.0 m
8. Sanitasi (mm hos / cm)	< 2500	2500-4000	> 4000
9. Ketebalan gambut	< 50 cm	50-100 cm	> 150 cm

Kecuali parameter umum tanah/lahan seperti tersebut di atas terdapat pula parameter kimia tanah dan parameter fisika tanah sebagai berikut

Lanjutan Tabel 6.

Parameter Kimia Tanah	Klasifikasi Sifat Kimia Tanah				
	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
<u>Unsur Kimia Tanah</u>					
10. C (%)	<1.00	1.00-2.00	2.01-3.00	3.01-5.00	> 5.00
11. N (%)	<0.10	0.10-0.20	0.21-0.50	0.51-0.75	> 0.75
12. C/N	<5	5-10	11-15	16-25	> 25
13. P ₂ O ₅ HCl 25 % (mg/100g)	<10	10-20	21-40	41-60	> 60
14. P ₂ O ₅ Bay I (ppm)	<10	10-15	16-25	26-35	> 35
15. P ₂ O ₅ Olsen (ppm)	<10	10-25	26-45	46-60	> 60
16. K ₂ O HCl 25 % (me/100 g)	<10	10-20	21-40	41-60	> 60
17. KTK (me/100 g)	<5	5-16	17-24	25-40	> 40

Lanjutan Tabel 6.

Parameter Kimia Tanah	Klasifikasi Sifat Kimia Tanah					
	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi	
Susunan Kation						
18. C (%)	<0.1	0.1-0.2	0.3-0.5	0.6-1.0	> 1.0	
19. N (%)	<0.1	0.1-0.3	0.4-0.7	0.8-1.0	> 1.0	
20. C/N	<0.4	0.4-1.0	1.1-2.0	2.1-8.0	> 8.0	
21. P ₂ O ₅ HCl 25 %	<2	2-5	6-10	11-20	> 20	
22. P ₂ O ₅ Bay I (ppm)	<20	20-35	36-50	51-70	> 70	
23. Kejenuhan Al (%)	<10	10-20	21-30	31-60	> 60	
24. Cadangan Mineral	<5	5-10	11-20	21-40	> 40	
25. Daya hantar listrik BCx10 ³ (mm hos/cm)	<1	1-2	2-3	3-4	> 4	
26. <u>Kemasan tanah</u>	Sangat masam	Agak masam	Netral	Agak Alkalis	Alkalis	
PH (H ₂ O)	<4.5	4.5-5.5	5.6-6.5	6.6-7.5	7.6-8.5	> 8.5
<u>Fisika tanah</u>	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi	
27. Pori aerasi(%)	< 5	5-10	11-15	> 15		
28. Pori pemegang air tersedia (%)	< 5	5-10	11-15	16-20	>20	
29. Erodibilitas (nilai K)	0.00-0.10	0.11-0.20	0.21-0.32	0.33-0.43		
30. Permeabilitas (cm/jam)	sangat lambat	agak lambat	sedang	Agak cepat	Sangat cepat	
	< 0.12	0.12-0.50	0.51-2.00	2.01-6.35	6.36- 12.71- > 25.40	
				12.70	25.40	

Tinggi rendahnya klas kemampuan/kesesuaian lahan ditentukan oleh banyak sedikitnya serta besar kecilnya hambatan dari parameter-parameter yang digunakan, secara menyeluruh. Makin sedikit hambatan dan makin kecil hambatan, makin besar kemampuan atau makin baik kesesuaian lahan bagi tanaman. Klas kemampuan lahan bisa dibuat mencapai delapan, yaitu klas I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII. Klas kemampuan lahan I-III baik untuk tanaman-tanaman pangan, sedang klas IV adalahh marginal untuk tanaman pangan. Klas V tidak sesuai untuk tanaman pangan, tetapi masih cocok untuk tanaman tahunan (pohon-pohon) atau padang penggembalaan.

Klas VI, kurang sesuai untuk tanaman-tanaman pangan, tanaman tahunan (pohon-pohon) maupun untuk lahan penggembalaan, tetapi masih sesuai untuk kehutanan.

Klas VII-VIII kurang sesuai untuk hutan produksi tetapi sesuai untuk hutan lindung dan cagar alam. Seperti halnya dengan kemampuan lahan, maka klasifikasi kesesuaian lahan untuk satu jenis tanaman tertentu atau segolongan jenis tanaman tertentu, ditentukan oleh besar kecilnya hambatan dari tiap parameter. Makin sedikit parameter dan makin terbatas parameter yang diamati, makin global klasifikasi kesesuaian lahan; makin banyak dan makin teliti pengamatan parameter makin mendetail kesesuaian lahan. Berdasarkan hal itu maka dapat dibedakan klasifikasi kesesuaian lahan pada tingkat ordo, tingkat klas, tingkat sub-klas, dan tingkat unit dan sub-unit.

Pada klasifikasi kesesuaian lahan tingkat ordo dan global, hanya terdapat 2 klas, yaitu: klas sesuai (s=suitable) dan klas tidak sesuai (N=not

suitable). Pada klas S, lahan dapat digunakan secara berkesinambungan untuk penggunaan tertentu, tanpa (sedikit) resiko kerusakan lahan, dan dengan masukan tertentu hasil akan memuaskan. Pada klas N, lahan mempunyai pembatas sedemikian, sehingga untuk penggunaan tertentu, tidak bisa dianjurkan, dan harus dicegah.

Pada klasifikasi kesesuaian lahan tingkat klas (tingkat group), untuk klas S dibagi menjadi 3 golongan (S_1 , S_2 , S_3), dan untuk klas N dibagi menjadi 2 golongan (N_1 , N_2). S_1 berarti lahan sangat sesuai, tidak mempunyai pembatas yang berarti; masukan yang diperlukan adalah biasa; S_2 berarti cukup sesuai, mempunyai pembatas agak serius yang akan menurunkan produksi atau menaikkan masukan untuk tingkat pengelolaan biasa; S_3 berarti sesuai marginal, mempunyai pembatas serius untuk tingkat pengelolaan biasa, serta pembatas akan mengurangi keluaran (atau meningkatkan masukan). N_1 berarti tidak sesuai tetapi masih memungkinkan untuk bisa diatasi pada tingkat pengelolaan yang lebih tinggi; N_2 berarti tidak sesuai "permanen" karena lahan mempunyai pembatas "permanen" yang tidak bias diperbaiki.

Pembagian golongan untuk S ataupun N pada klasifikasi kesesuaian lahan tingkat sub-klas ke bawah pada dasarnya sama seperti pada tingkat klas (3 golongan S dan 2 golongan N) tetapi satu atau beberapa jenis pembatas yang terdapat pada masing-masing golongan (klas), disebut (ditambahkan), misalnya S_{2-s} , S_{3-t} (s = hambatan keseluruhan, t = hambatan topografi).

Pada klasifikasi kesesuaian lahan tingkat unit, pada dasarnya sama seperti pada tingkat sub-klas. Bedanya adalah bahwa pada tingkat unit, informasi pembatasnya lebih mendetail menuju sarana perbaikan yang lebih konkrit, misalnja S_{2-t2} , S_{2-s3} (S_3 = hambatan keseluruhan, dan untuk perbaikan diperlukan misalnya dosis P_2O_5 100 kg/ha).

Klasifikasi kesesuaian lahan dapat dibuat untuk tiap jenis tanaman, atau untuk sekelompok jenis tanaman yang mempunyai persyaratan tumbuh serupa, misalnya untuk perkembangan pertanian transmigrasi, kesesuaian lahan dibuat untuk 3 kelompok tanaman, yaitu: untuk tanaman padi sawah, untuk tanaman semusim lahan kering, dan untuk tanaman pohon-pohonan.

Masing-masing jenis tanaman atau kelompok tanaman, memerlukan syarat-syarat yang spesifik mengenai tanah (lahan), misalnya:

- (1) Untuk padi sawah diperlukan: tanah datar (< 8%), curah hujan harus cukup tinggi atau agroklimat harus basah, tekstur tanah halus, permeabilitas lambat dan sebagainya
- (2) Untuk tanaman semusim lahan kering: besar lereng kurang dari 8% (maksimum 15 %, itupun harus dengan teknik konservasi tanah yang intensif), kesuburan tanah harus baik (dilihat dari KTKnya dan sebagainya), kedalaman tanah cukup, tekstur tanah tidak terlalu kasar, erodibilitas rendah, kejenuhan Al atau Al-dd rendah, curah hujan cukup, dan sebagainya.
- (3) Untuk tanaman pohon-pohonan: kedalaman tanah cukup dalam, lereng tidak terlalu terjal (maksimum 30%), tekstur tidak terlalu kasar, curah

hujan tidak terlalu rendah, kejenuhan Al tidak terlalu tinggi, dan sebagainya.

5.2 Keseimbangan-keseimbangan Hara dalam Tanah dan Penyerapan Hara oleh Tanaman

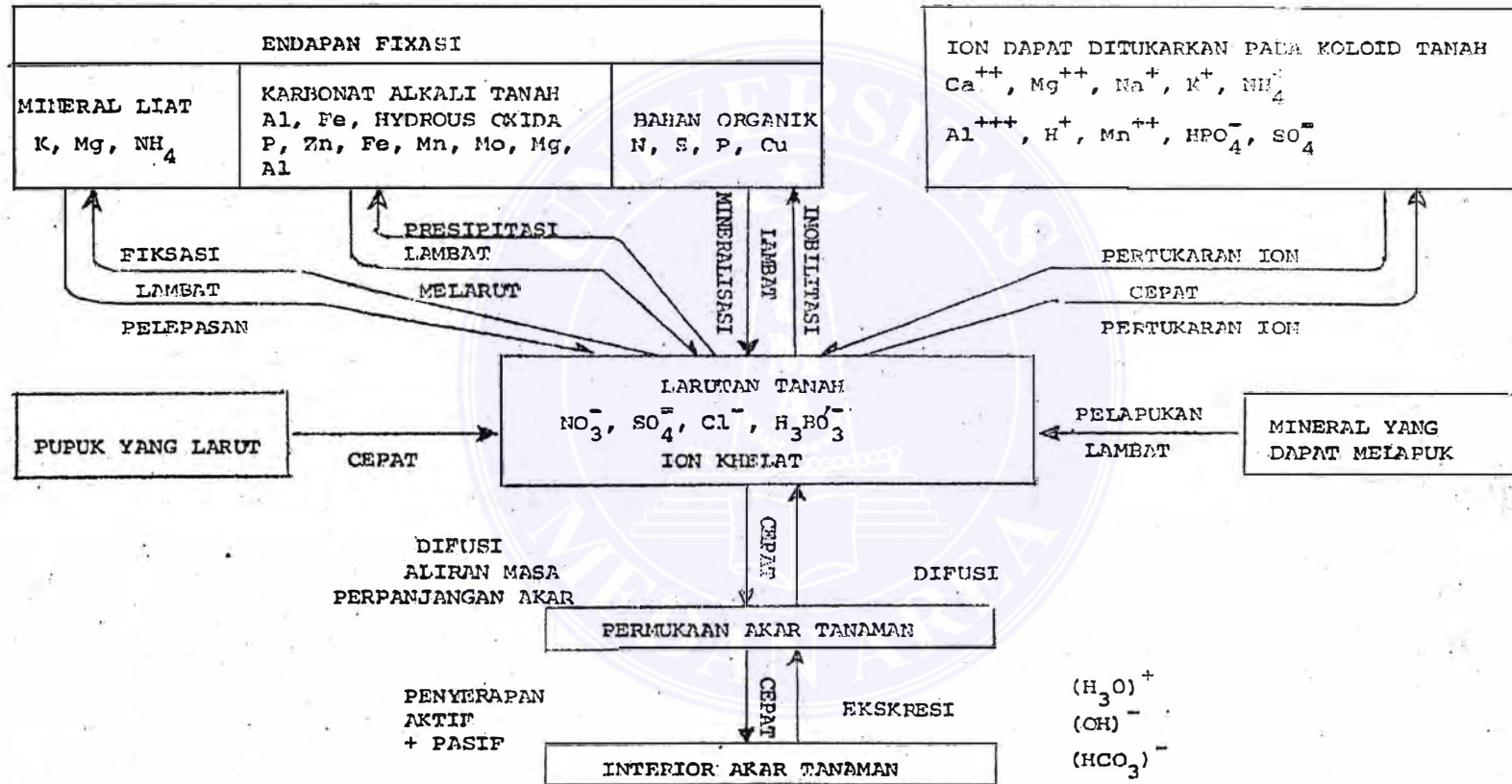
Untuk memahami permasalahan hara tanaman di dalam tanah, berbagai keseimbangan hara dalam tanah yang mempengaruhi suplai hara dan penyerapan hara oleh tanaman, serta tentang cara-cara pemberian pupuk yang tepat untuk mendapatkan produksi tanaman yang maksimum, diberikan pada gambar 5 berikut (Boswell, F.C., dalam Arkin and Taylor, 1981).

Tanaman menyerap sebagian besar hara dari larutan tanah. Konsentrasi larutan hara dalam larutan tanah adalah kecil, kecuali dalam keadaan salin. Hara dalam larutan tanah itu berada dalam keseimbangan-keseimbangan dinamik dengan hara-hara pada bagian padat.

Dalam Tabel 7 dapat dilihat bahwa hanya bagian yang amat kecil dari sumber kation yang tersedia berada dalam phase larutan.

Tabel 7: Perbandingan jumlah beberapa kation yang berada dalam bentuk dapat dipertukarkan (dd) dengan yang dalam bentuk larutan untuk sejumlah jenis tanah (Dalam Arkin and Taylor, 1981)

Jenis tanah	Kation 2 dd			Kation 2 larutan				larutan —————x 100				
	Ca	Mg	K	Na me/100g	Ca	Mg	K	Na	Ion Ca	dd Mg	K	Na
Oxisol	1.3	1.7	0.5	0.1	0.009	0.016	0.010	0.007	0.7	0.9	2.0	7.0
Ultisol	3.8	3.9	0.3	0.2	0.001	0.028	0.005	0.015	0.3	0.7	1.7	7.5
Alfisol	8.7	5.9	1.0	0.1	0.016	0.024	0.016	0.014	0.2	0.4	1.6	14.0
Vertisol	13.15	10.4	0.4	0.2	0.036	0.57	0.003	0.026	0.3	0.6	0.8	13.0



Gambar 5. Berbagai keseimbangan yang terlibat pada suplai hara ke akar (Boswell, F.C., dalam Arkin and Taylor, 1981).

Kesinambungan penyerapan hara tergantung kecepatan pengembalian konsentrasi dalam larutan oleh phase padat yang berperan sebagai gudang hara (daerah penukaran = kompleks terapan tanah = koloid-koloid tanah). Makin sedikit kation-kation dapat dipertukarkan (kation-kation dd) pada daerah penukar, makin kuat kation-kation dd tersebut diikat dalam bentuk ikatan adsorpsi; sama halnya dengan bila jumlah air dalam tanah makin sedikit, ketersediaan air tersebut makin kecil.

Hara-hara yang ada dalam larutan harus dapat bergerak ke permukaan akar dengan kecepatan yang cukup untuk memenuhi kebutuhan tanaman akan hara-hara itu. Kekurangan hara akan timbul, bila kebutuhan hara tanaman tidak terpenuhi. Hara-hara dating pada permukaan akar melalui mekanisme; aliran massa, difusi dan pengaruh-pengaruh pertumbuhan akar (banyak akar, panjang akar, volume akar, aktivitas akar dan sebagainya). Penyerapan hara dengan aliran massa (massflow) adalah proses dimana ion-ion sepanjang permukaan akar tanaman di dorong masuk ke dalam akar akibat adanya transpirasi air oleh tanaman. Jumlah hara-hara yang dipindahkan dengan cara demikian dapat dihitung secara kasar sebagai hasil kali jumlah air yang ditranspirasikan dengan konsentrasi ion-ion tersebut dalam larutan; dengan catatan; bahwa dalam perhitungan demikian bisa, bahwa dalam perhitungan demikian bisa terjadi penyimpangan, misalnya karena komposisi larutan tanah bisa, bahkan sering berubah dengan waktu. Disamping itu transpirasi adalah suatu proses putus-putus

sedangkan penyerapan hara berjalan terus meskipun transpirasi lambat atau tidak ada.

Aliran massa merupakan mekanisme utama dalam mengangkut ion-ion Ca^{++} , Mg^{++} , SO_4^{2-} , BO_3^- , Cu^{++} , Zn^{++} , Fe^{++} , Cl^- , dan NO_3^- ke permukaan akar, tetapi untuk unsure esensial lain difusi adalah merupakan mekanisme yang dominan.

Bila penyerapan hara lebih cepat daripada suplai hara ke permukaan akar dalam aliran massa, maka akan terjadi selisih konsentrasi (konsentrasi gradien), yang dapat menimbulkan difusi hara dari daerah konsentrasi tinggi (massa tanah) ke daerah konsentrasi rendah (permukaan akar)

Difusi hara dalam tanah dalam dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{dQ}{dt} = -e a D \frac{dc}{dx}$$

Dimana $\frac{dQ}{dt}$ = jumlah hara yang berdifusi ke dalam akar, per satuan waktu

$\frac{dc}{dx}$ = konsentrasi gradient dari hara

D = koefisien difusi

e = fraksi porositas tanah yang terisi air dimana hara berdifusi; dengan memperhitungkan bahwa pori-pori tanah bukan tabung tabung parallel lurus dan seragam tetapi saling berhubungan seperti spons

a = luas potongan melintang yang mewakili seluruh akar tersedia untuk penyerapan hara.

Dalam potensial air tanah yang sama, difusi akan lebih cepat, pada tanah yang mempunyai tekstur halus dibandingkan pada tanah yang bertekstur kasar, karena kemampuan memegang air lebih besar.

Bila dengan aliran massa tanaman tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan hara, maka penyerapan hara dapat terjadi pula melalui perpanjangan akar ke tempat baru dimana hara tanah belum terkuras, sehingga kecepatan suplai hara dapat ditingkatkan. Permukaan dari sistem perakaran adalah penting dalam proses penyerapan hara yang dikendalikan oleh difusi. Volume difusi dipengaruhi factor koefisien difusi dari sistem tanah, konsentrasi gradient, dan kemampuan tanah untuk mempertahankan konsentrasi gradient. Volume difusi berbanding terbalik dengan kecepatan penyerapan hara oleh jaringan perakaran. Bila kecepatan ini rendah, akan lebih banyak waktu untuk difusi, sehingga ion-ion dapat berdifusi pada jarak yang lebih jauh. Dan makin besar permukaan penyerapan sistem perakaran, makin lambat kecepatan penyerapan yang diperlukan, agar jumlah hara yang sama dapat diserap.

Morphologi sistem perakaran mempunyai pengaruh besar terhadap penyerapan biasa dari tanah. Akar yang kurus dan panjang mempunyai luas permukaan yang lebih besar disbanding akar yang tebal dan pendek, dan dapat menjelajahi lebih efektif pada sejumlah volume tanah yang sama.

Eksudat-eksudat akar dari sahtu dan lain jenis tanaman, kadang-kadang dikeluarkan ke tanah oleh akar-akar. Eksudat-eksudat tanaman dapat mempengaruhi pembentukan agregat tanah, ketersediaan hara-hara

tersebut, dan kadang-kadang dapat merupakan sumber energi bagi mikroorganisme dalam rizopher. Semua ion-ion mencapai permukaan akar melalui larutan tanah. Oleh penyerapan akar, hara tanaman dalam larutan berubah keseimbangannya, yang segera dapat diperbaiki oleh ion-ion dari daerah penukar utama atau kompleks koloid tanah (komplek jerapan tanah). Pertukaran ion-ion dalam larutan dengan ion-ion dari daerah penukar dapat berjalan cepat/lambat tergantung persediaan ion dalam "gudang" tersebut.

Daerah penukar (kompleks jerapan) merupakan sumber utama ion-ion Ca, Mg, K, NH_4 yang berada dalam larutan. Bila jumlah hara pada daerah penukar cukup, penyerapan hara akan tercukupi. Maka pengertian jumlah ion-ion dari suatu hara merupakan hal yang penting.

Bahan organik kadang-kadang merupakan gudang utama dari ion-ion N, S dan sumber tambahan dari unsure P, Cu. Pelepasan unsure-unsu ini dari bahan organik, tergantung dari kecepatan perombakan (mineralisasi) bahan organik itu. Immobilisasi dan mineralisasi bahan organik biasanya berjalan lambat.

Tanah mempunyai pula permukaan-permukaan yang terbentuk oleh hidroksida, hidroksida Al dan Fe, serta, karbonat-karbonat dari Al kali tanah: permukaan-permukaan tanah ini merupakan tempat pengendapan utama dari ion-ion P, Zn, Fe, Mn, Mo, Mg, sehingga dapat menghambat skuplai hara ke akar; keseimbangan antara pengendapan dan pelarutan pada daerah ini, berjalan lambat.

Mineral-mineral liat seperti mika merupakan gudang hara K dan Mg tetapi ion-ion ini terikat dalam bentuk kurang mobil, sehingga kurang menjamin kebutuhan tanaman.

Pupuk-pupuk yang dapat larut yang diberikan dalam tanah melalui pemupukan-pemupukan, adalah merupakan masukan utama terbesar dalam sistem tanah, dan memasuki keseimbangan-keseimbangan melalui larutan tanah.

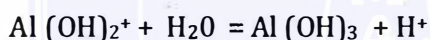
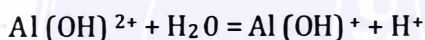
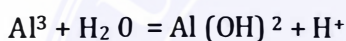
Untuk memperbaiki keseimbangan hara-hara dalam tanah akibat penyerapan hara-hara, tanaman mempunyai kemampuan untuk mengeluarkan ion-ion positif atau negative dalam bentuk H_3O^+ , HCO_3^- dan OH^- . Tetapi karena tanaman-tanaman cenderung untuk mengambil lebih banyak kation-kation dibanding anion-anion, maka tanah yang terus menerus ditanami cenderung untuk menjadi makin masam dengan waktu.

5.3 Tanah Masam dan Pengapuran

(a) Tanah masam

Tanah masam dan perkembangan tanah masam merupakan hal umum di daerah tropis. Bahan induk yang masam akan menghasilkan tanah-tanah masam. Di samping itu terdapat factor-faktor lain yang juga dapat mendorong berkembangnya tanah masam yaitu tingkat pelapukan, curah hujan, dan intensitas penggunaan lahan. Makin tinggi tingkat pelapukan, makin tinggi curah hujan, dan makin intensif lahan pertanian digunakan, makin besar kemungkinan berkembangnya tanah-tanah masam. Hujan yang

melebihi evapotranspirasi mempunyai kemampuan bagi terjadinya perkolasi air ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam, sehingga dapat terjadi pencucian kation basa-basa. Oleh hilangnya kation basa-basa dari kompleks jerapan maka kation-kation H^+ dan Al^{3+} menjadi menonjol, sehingga tanah menjadi masam. Dulu orang beranggapan bahwa pH rendah semata-mata disebabkan karena adanya ion-ion H^+ , tetapi kemudian terbukti bahwa juga kation Al^{3+} merupakan penyebab utama terjadinya tanah-tanah masam; reaksi hidrolisis Al^{3+} menghasilkan ion-ion H^+ , yang secara sederhana dapat ditulis sebagai berikut (Tisdale dan Nelson, 1975)



Kegiatan biologis (tanaman-tanaman, mikroorganisme) pada tanah lapisan atas dalam budidaya tanaman, juga dapat menghasilkan ion-ion H^+ yang dapat menyebabkan tanah menjadi makin masam. Kemasaman pada permukaan tanah berkembang oleh kegiatan biologis dan kegiatan pemupukan (seperti nitrifikasi N, oksigen S dan sebagainya). Kation-kation dalam larutan akan bergerak ke bawah dalam profil, yang sekaligus dapat mengangkut anion-anion yang mudah larut, seperti NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , dan sebagainya. Ketidaksuburan tanah masam daerah tropis, atau rendahnya produktivitas tanah masam daerah tropis, pada umumnya, disamping oleh faktor kemasaman tanah juga disebabkan karena P rendah dan daya fiksasi fosfor yang tinggi, keracunan tanaman akibat kandungan Al, Fe, Mn yang

tinggi, kapasitas tukar kation (KTK) rendah, kejenuhan basa (terutama Ca dan Mg) rendah, dan bahan organik tanah rendah. Keracunan Al merupakan penyebab utama ketidaksuburan tanah masam. Proses seleksi alami telah menghasilkan jenis-jenis dan varietas-varietas tanaman yang mempunyai toleransi genetik tinggi terhadap ketidaksuburan tanah-tanah masam. Jenis (varietas) tanaman yang berkembang pada tanah masam dan miskin akan basa-basa, pada umumnya lebih toleran terhadap kandungan Al dan Mn yang tinggi, dibanding dengan jenis (varietas) tanaman yang berkembang pada tanah-tanah alkalis atau netral. Spesies-spesies rhizobia yang memfiksasi N, kurang lebih juga akan mengikuti pola seleksi alam yang serupa.

KTK tanah ditentukan oleh besar-kecilnya kation-kation basa (Ca, Mg, K, Na) yang dapat ditukarkan, ditambah kation-kation lain yang terdapat pada kompleks jerapan tanah. Pada tanah masam kation-kation lain ini biasanya terdiri dari kation-kation Al, Mn, Fe, dan H.

Tanah di luar Jawa sebagian besar terdiri dari tanah-tanah masam (terutama podsolik) yang penyebarannya kurang lebih seperti berikut:

Tabel 8 : Perkiraan luas jenis tanah-tanah utama di Lur Jawa pada lahan dengan lereng kurang dari 15 % (Muljadi, 1977)

	Penyebaran jenis tanah (juta ha)				
	Aluvial	Latosol	Podsolik	Podsol	Organosol
Sumatra	2.4	0.5	9.6	0.8	8.9
Kalimantan	4.3	-	10.9	2.5	6.5
Sulawesi	0.8	-	1.4	-	-
Irian Jaya	2.6	-	5.1	-	6.7

Dari hasil-hasil survai kapabilitas tanah dalam PPMT (Proyek Penelitian Pertanian Menunjang Transmigrasi) di Pusat Penelitian Tanah Bogor antara tahun 1979-1984 (Ismangun *et al.* 1984), yang dilakukan di luar Pulau Jawa pada Pulau-pulau tersebut dan di Maluku, didapat bahwa dari ± 2.7 juta ha tanah yang di survai pada 204 SKP (Satuan Kawasan Pemukiman untuk Transmigrasi), lahan dengan lereng dibawah 15 persen yang dapat dianjurkan untuk pertanian, rata-rata hanya 55 persen (23-87 persen) yang terdiri dari jenis-jenis tanah Podsolik, Kambisol, Latosol mediteran dan alluvial. Menurut Sujadi. (P3MT, PPT, 1984) luas tanah Podsolik Merah Kuning di Indonesia ada ± 8.3 juta hektar, yang merupakan ± 30 persen dari daratan Indonesia.

KB atau kejenuhan basa didefinisikan sebagai fraksi KTK (biasanya dinyatakan dalam persen) yang ditempati oleh kation-kation Ca, Mg, K, dan Na

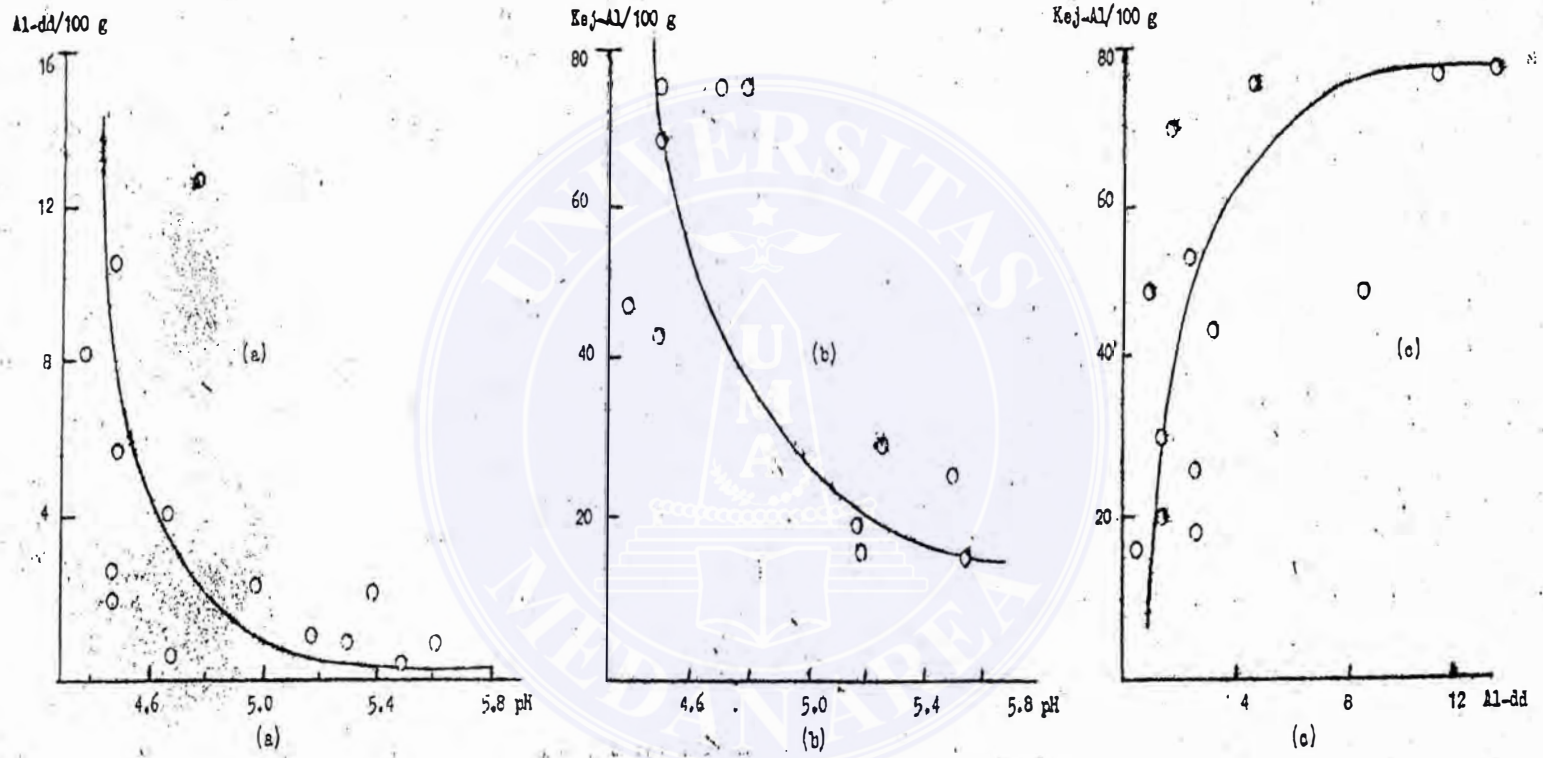
(b) pH Tanah, Al-dd, dan Kejenuhan Al

pH tanah merupakan salah satu dari sifat-sifat tanah yang paling banyak diamati, karena sifat tersebut banyak mempunyai hubungan dengan sifat-sifat kesuburan tanah yang lain (KTK, KB dan sebagainya), maupun dengan pertumbuhan tanaman serta produksi, pH mempunyai korelasi dengan kandungan Al dalam tanah yaitu Al-dd, dan kejenuhan Al (Gambar 6). pH dan kandungan Al tanah merupakan sifat tanah masam yang banyak diamati dalam kaitannya dengan produktivitas lahan dan pengapuran,

sehingga pengertian yang cukup mengenai pH dan kandungan Al tanah akan besar gunanya. Al dalam larutan tanah (Al-larutan) mempunyai hubungan dengan Al-dd. Al-larutan mempunyai pengaruh langsung terhadap pertumbuhan akan dan keracunan tanaman, tetapi Al-larutan mudah berubah sehingga lebih sukar diamati. Al-dd lebih stabil dan lebih mudah diamati sehingga tanaman oleh Al banyak dikorelasikan dengan Al-dd/ atau kejenuhan Al.

Untuk mengamati perlu tiaknya tanah dikapur perlu diadakan pengamatan pH dalam larutan air, sedang untuk mengetahui kebutuhan besarnya kapur perlu diamati pula pH dalam larutan HCl atau dalam larutan buffer. pH dalam larutan N KCl atau larutan buffer lebih rendah daripada pH dalam air, dan selisih dari kedua pH tersebut merupakan salah satu petunjuk pula bagi pengapuran.

Jenis-jenis tanaman legum dapat meningkatkan kemasaman tanah karena tanaman-tanaman ini mengambil banyak hara nitrogen yang berasal dari fiksasi N_2 , sehingga dapat mengakibatkan bahwa total kation yang diserap tanaman lebih besar dibandingkan dengan total anion yang diserap tanaman, atau : kation-kation ($Ca + Mg + K + Na$) yang diserap tanaman legume lebih besar disbanding dengan anion-anion ($Cl^- + SO_4^{2-} + HPO_4^{2-}, NO_3^-$) yang diserap tanaman (Pierre *et al*, 1970), Pierre dan Banwart, 1973 dalam Arkin dan Taylor, 1981)



Gambar 6. Hubungan antara pH dengan Kej-Al (a), pH dengan Al-dd (b), dan Kej-Al dengan Al-dd (c)
(Ismumaji, M. dan Partohardjono, 1985)

Pengertian lain tentang pH, yang penting kaitannya dengan tanaman dengan pengapuran, adalah pengertian pH minimum atau pH kritis. Yang dimaksud dengan pH minimum adalah batas pH, dimana di atas pH tersebut pengapuran tidak meningkatkan hasil tana man. pH ini kurang lebih sama pengertiannya dengan pengertian pH kritis, yang didefenisikan sebagai batas pH, dimana di bawah pH tersebut pengapuran akan menaikkan hasil (Arkin and Taylor, 1981).

Kejuhan Al-kritis bagi semua tanaman sulit ditentukan dengan pasti, karena terdapat toleransi genetik berbeda dengan dari tanaman-tanaman terhadap phitosisitas Al, akibat perbedaan-perbedaan inheren dari sifat kimia tanah. Kejuhan Al kritis adalah \pm 60 persen (sifat PPT, 1982), tetapi kebanyakan tanaman mempunyai kejuhan Al kritis kurang dari itu, misalnya kapas = 5 - 25 persen, kacang tanah dan jagung 40 persen.

Berdasarkan pengertian pH kritis tersebut, dank arena adanya toleransi tanaman terhadap kemasaman tanah, maka toleransi tanaman terhadap kemasaman tanah dapat digoionkan sebagai berikut (Adams dan Pearson, 1967; Woodruff, 1967); dalam Arkin and Taylor, 1981

(1) Tanaman paling tidak toleran terhadap kemasaman tanah (pH kritis

6.0 - 6.5)

Alfalfa (medicago sativa)

Beet gula (Beta vulgaris)

Red clover (Trifodium pratense)

Sweet clover (Melilotus indica)

(2) Tanaman medium-toleran terhadap kemasaman (pH kritis 5.5 - 6.0):

Barley (Hordeum vulgare)

Kapas (Gossypium hirsutum)

Fescue (Festuca arundinaceae)

Millet (Setaria italica)

Sorghum (Sorghum vulgare)

(3) Tanaman paling toleran terhadap kemasaman (pH kritis 5.0 - 5.5)

Bahiangrass (Paspalum notatum)

Barley (Hordeum vulgare)

Bermudagrass (Cynodon dactylon)

Jagung (Zea mays)

Oats (Avena sativa)

Kacang tanah (Arachis hypogaeae)

Kentang (Solanum tuberosum)

Kedelai (Glycine max)

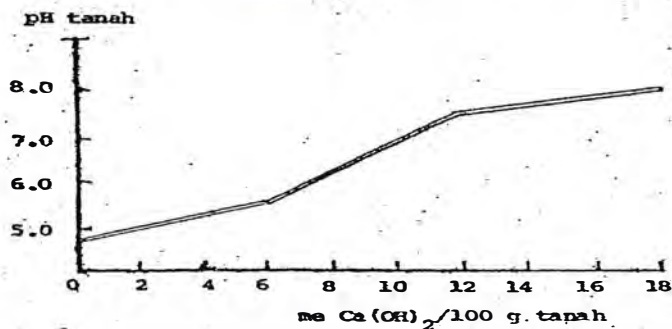
Wheat (Triticum vulgare)

Sebagai catatan dapat ditambahkan, bahwa untuk beberapa jenis tanaman ada yang terdapat dalam beberapa kategori, karena toleransinya terhadap pH berbeda. Alfalfa merupakan jenis tanaman yang paling tidak toleran terhadap kemasaman tanah, dan Cynodon dactylon merupakan tanaman paling toleran terhadap kemasaman.

Sebagai contoh dapat dikemukakan bahwa pH kritis bagi tanaman kedelai untuk mendapatkan hasil maksimum pada jenis-jenis tanah yang berbeda, adalah sebagai berikut (Rogers *et al*, 1973, dalam Arkin dan Taylor, 1981).

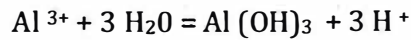
Jenis Tanah	pH Kritis
Benndale	5.7
Lucedale	5.6
Lucedale	5.2
Malbis	5.0

Berarti bahwa untuk varietas yang sama dari jenis tanaman kedelai, pH kritisnya bisa naik turun tergantung tanah. Segi yang menarik untuk dikemukakan yang berkaitan dengan pH tanah adalah kapasitas penyangga tanah (KPT = Soil's buffer capacity), yang dapat di defenisikan sebagai kebutuhan kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), untuk menaikkan nilai pH satu unit. KPT ini dipengaruhi oleh pH dan mempunyai tendensi untuk berbanding seperti terlihat gambar di bawah, dan berbanding terbalik dengan KB.



Gambar 7. Kurva titrasi tanah masam Boswell clay loam (Vertic Paludalfs), data dari Hue dan F. Adams, dalam Arkin and Taylor, 1981).

Pada pH rendah KPT tinggi karena terjadi reaksi hidrolisis dengan kation Al^{3+} , (setelah kation Al^{3+} ini dengan pemberian kapur ditukar oleh kation Ca^{2+} atau Mg^{2+}) sebagai berikut:



KPT ini akan turun dengan tajam (pada pH 5.0 – 6.0) bila semua Al-dd telah dinetralkan, dan KPT akan naik lagi pada pH diatas 6.0 karena pengaruh anion HCO_3^- . Jadi kebutuhan kapur untuk menaikkan pH satu unit, adalah terkecil pada peningkatan pH 5.0 menjadi pH 6.0

Aluminium adalah unsure yang tidak diperlukan oleh tanaman, tetapi terserap oleh akar dalam aliran massa, yang akan meracuni tanaman, bila jumlahnya terlalu tinggi (meracun pertumbuhan akar, yang berakibat menghambat penyerapan hara dan translokasi hara, terutama Ca dan P). Keracunan Al dapat diperbaiki dengan pengapuran untuk meningkatkan pH 5.0 menjadi 5.5 – 6.0, agar Al-dd dapat diendapkan menjadi $\text{Al}(\text{OH})_3$. Keracunan Mn juga dapat terjadi pada tanah yang tinggi dalam kandungan Mn, dan masalah ini juga dapat terjadi dapat diatasi dengan pengapuran, untuk meningkatkan pH menjadi 5.5 sampai 6.0. Dalam hubungan pH dengan Al-dd hal yang perlu dikemukakan adalah bahwa, makin rendah pH, makin tinggi Al-dd, tetapi pada tanah dengan pH yang rendah, belum tentu Al-ddnya tinggi. Maka metoda penentuan pH kapur dengan berdasarkan Al-dd adalah sesuai, bila tanah mempunyai kandungan Al yang tinggi, yaitu bila Al-dd sama atau lebih dari 2 me Al-dd/100 g tanah, atau kejenuhan Al sama atau lebih besar dari 30 persen (Supriadi, 1981)

(c) Pengapuran

Dari uraian singkat di atas dapat disimpulkan bahwa pemasaman tanah adalah proses alami yang terjadi pada lahan-lahan pertanian akibat hujan yang melebihi evapotranspirasi, kegiatan biologis oleh tanah, dan mikrobia.

Tanah masam yang berkembang karena bahan induk yang masam, tingkat pelapukan yang lanjut dan curah hujan yang tinggi seperti pada tanah politik, yang banyak terdapat di Indonesia, mempunyai aspek ketidaksuburan yang lebih mendasar seperti telah disinggung di atas yaitu: pH rendah yang bias mengakibatkan keracunan ion H, keracunan Al, Mn, Fe; KTK yang rendah serta kandungan basa-basa yang rendah; kandungan P rendah dan daya fiksasi tanah yang tinggi; kandungan bahan organik rendah, dan kegiatan mikroorganisme yang terbatas. Jadi pengapuran tanah pertanian, terutama tanah pertanian yang mendekati ambang kemasaman kritis, adalah merupakan kebutuhan; tetapi pengapuran tanah Podsolik Merah Kuning yang mempunyai ketidaksuburan yang kait mengait atau kompleks, perlu mendapat penanganan secara hati-hati.

Beberapa pokok pendekatan yang harus diperhatikan dalam meningkatkan produktivitas tanah masam pengapuran, terutama pada tanah Podsolik Merah Kuning adalah:

- (1) Pemilihan jenis tanaman maupun varietas tanaman yang mempunyai toleransi tinggi terhadap ketidaksuburan tanah masam, mengingat bahwa di antara berbagai jenis tanaman maupun varietas, terdapat

variasi yang besar mengenai toleransinya terhadap kemasaman dan keracunan Al.

- (2) Terdapat kaitan yang erat antara pH tanah dengan Al-dd maupun kejenuhan Al, sehingga satu atau kedua-duanya terutama Al-dd, dapat digunakan sebagai alat penduga yang efektif bagi penentuan kebutuhan kapur serta pengapuran.
- (3) Pada kebanyakan tanah, Al-dd turun dengan cepat bila tanah masam naik menjadi 5.5, sehingga peningkatan pH tanah dengan pengapuran, sedapat mungkin tidak melebihi 5.5; bagi jenis tanaman yang relative peka terhadap keracunan Al seperti kedelai, sebaiknya dicarikan varietas yang agak toleran (pH kritis = 5.5)
- (4) Bagi varietas kedelai atau tanaman lain seperti kapas, kentang, jagung dan sebagainya, yang mempunyai pH kritis \pm 6.0, kalau mau dikembangkan dengan pengapuran, sebaiknya dikembangkan pada tanah yang mempunyai pH di atas 5.0, karena pengapuran tanah dengan pH 5.0 menjadi pH 6.0, kapasitas penyangga tanahnya terkecil sehingga tidak terlalu banyak memerlukan kapur.
- (5) Pengapuran kecuali mempunyai tujuan penetralan Al yang toksik bagi tanaman dan penambahan unsur Ca (mungkin juga Mg) yang berguna bagi tanaman, perlu disertai penambahan hara-hara lain yang kurang tersedia pada tanah P, K dan N

- (6) Pengapuran pada dasarnya hanyalah diperlukan bagi pertanian lahan kering, karena pada pertanian lahan sawah dengan adanya penggenangan, pH tanah umumnya dapat meningkat.
- (7) Karena kompleksnya sistem tanah dan eratnya hubungan pH dengan aspek-aspek lain dari tanah yang bersifat empiris, dengan landasan bahwa tanaman di lapang adalah sebagai integrator lingkungan yang paling tepat, maka rekomendasi pengapuran lahan pertanian perlu didukung dengan pengujian-pengujian yang cukup (di samping oleh pH dan Al-dd, pengapuran sedikit banyak dipengaruhi oleh KTK, KB, mineral, tekstur, dan bahan organik tanah, dan sebagainya).
- (8) Pengapuran perlu diintegrasikan dengan pemberian bahan organik dan pemilihan varietas untuk penurunan dosis kapur dan peningkatan produktivitas lahan dengan efektif.

Cara penentuan kebutuhan kapur dan dosis pengapuran banyak caranya, bervariasi dari cara yang sederhana, sampai pengukuran laboratories yang teliti bagi pH, Al-dd, kejenuhan Al, dan sebagainya (KTK, KB, mineral liat).

Cara yang praktis yang umum digunakan adalah cara laboratories yang dikaitkan dengan factor tunggal yaitu dengan pH tanah atau kandungan Al-dd, atau dengan kedua-duanya, sebagai berikut:

- (1) Berdasarkan kebutuhan kapur untuk menaikkan pH satu derajat, dengan menggunakan larutan buffer pada pH 7 (Tisdale dan Nelson, 1975)
- (2) Metode penentuan kebutuhan kapur berdasarkan kandungan Al-dd tanah seperti dianjurkan oleh Kamprath, 1970, dengan pemberian kapur 1.0-1.5 Al-dd bagi peningkatan pH menjadi 5.3-5.6
- (3) Sanchez, Pedro, A (1976) menganjurkan pengapuran 1.65 Al-dd untuk menaikkan pH tanah menjadi 5.5-6.0
- (4) Supriadi et al. (1982) bahwa bagi tanah yang mempunyai kejenuhan Al lebih dari 30 persen dianjurkan untuk:
 - Mengapur 1.2 Al-dd (ton kapur/ha) untuk mencapai pH=5.2 bagi tanaman yang kurang peka terhadap toksisitas Al.
 - Mengapur 1.5 Al-dd untuk menaikkan pH menjadi 5.5, bagi tanaman yang medium peka terhadap toksisitas Al.
 - Mengapur 2.1 Al-dd untuk menaikkan pH menjadi 6.0, bagi tanaman yang peka terhadap toksisitas Al
- (5) Berdasarkan pengalaman pengpuran di Amerika Latin, Sujadi (P3MT/PPT, 1993) memberikan rumus pengapuran sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan kapur (ton CaCO}_3\text{/ha)} = 1.8 \left(\text{Al} - \frac{X}{100} (\text{Al} + \text{Ca} + \text{Mg}) \right)$$
 dimana X = batas kejenuhan Al (%) oleh jenis tanaman, untuk mencapai hasil maksimum yang ditentukan. Al, Ca, Mg= kation-dd dari Al, Ca, Mg, dalam me/100 g tanah.

Cara untuk menghitung kebutuhan kapur berdasarkan me Al-dd adalah sebagai berikut: Untuk pengapuran 1 me Al-dd berarti: 1 me Al-dd/100 gram tanah adalah setara dengan 1 me Ca/100 gram tanah. Berat atom Ca = 40, berat molekul $\text{CaCO}_3 = 100$, maka:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ me Ca} / 100 &= 20 \text{ mg Ca} / 100 \\
 &= \frac{100}{40} \times 20 \text{ CaCO}_3 / 100 \\
 &= 2.5 \times 40 \text{ kg CaCO}_3 / \text{ha} \text{ (bobot tanah 1 ha pada kedalaman} \\
 &\quad 20 \text{ cm} = 2 \times 10^6 \text{ kg)} \\
 &= 1000 \text{ kg CaCO}_3 / \text{ha} \\
 &= 1 \text{ ton kapur CaCO}_3 / \text{ha}
 \end{aligned}$$

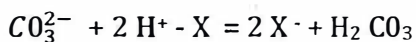
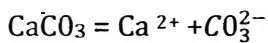
Jadi kalau kandungan Al-dd tanah = 4 me Al-dd/100 g, dan tingkat pengapuran adalah 1.5 Al-dd, maka kebutuhan kapurnya adalah

$$\begin{aligned}
 &= 1.5 \times 4 \text{ me Al-dd} / 100 \text{ g} \\
 &= 6 \text{ ton kapur} / \text{ha}
 \end{aligned}$$

Aspek lain dari pengapuran yang perlu diperhitungkan demi berhasilnya pengapuran adalah: Nilai setara kapur, kehalusan kapur, waktu penyebaran, cara penyebaran, cara pencampuran dalam tanah, dan kedalaman penyebaran kapur.

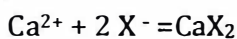
Kapur tanaman terdapat dalam berbagai bentuk di antaranya yang banyak dipergunakan adalah: CaCO_3 , CaO , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Bahan kapur yang ideal adalah yang berbentuk karbonat yang kehalusannya 100 persen melewati ayakan 10 mesh (1.9 mm) dan 50 persen melewati ayakan 100 mesh (0.14 mm)

Jalannya reaksi dan bentuk-bentuk reaksi yang terjadi dalam tanah akibat pengapuran sukar diketahui dengan pasti, tetapi secara disederhanakan reaksi kapur dalam tanah masam dapat digambarkan sebagai berikut (Tisdale and Nelson, 1975):

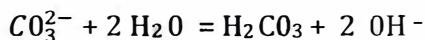


X = fraksi tanah

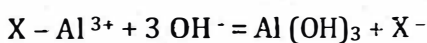
Akibat reaksi ini ion H^+ dalam fraksi tanah ditempati Ca/Mg:



(Reaksi serupa akan terjadi bila kompleks jerapan didominasi Al^{3+})



Adanya pelepasan OH^- akan menaikkan pH tanah, dan OH^- yang dihasilkan akan bereaksi dengan Al^{3+} yang berada pada fraksi tanah=



(mengendap)

Sehingga akhirnya kedudukan Al^{3+} dalam fraksi tanah ditempati ion-ion Ca^{2+}

Dalam pengapuran tanaman dikenal istilah kelebihan (over liming). Kelebihan kapur dapat didefinisikan sebagai pengapuran yang lebih tinggi daripada yang diperlukan untuk penetralan Al-dd. Kelebihan kapur dapat menimbulkan penurunan ketersediaan P, B, Zn, Mn, dan gangguan struktur tanah. Mengapur sampai netral mendorong terbentuknya agregat tanah yang lebih kecil sehingga mengakibatkan pengurangan kecepatan infiltrasi yang

dapat mendorong erosi (Pierre, 1936 Schuffelen dan Middleburg, 1971 dalam Sanchez, 1976).

Jadi dilihat dari fisika tanah, overliming yang mempengaruhi dengan nyata proses flokulasi dan agregasi partikel-partikel tanah pada tanah Ultisol/Oxisol, berakibat struktur tanah menjadi rusak sehingga menghambat pertumbuhan.

Bahan-bahan yang dapat digunakan untuk pengapuran tanah pertanian serta nilai netralisasinya dibandingkan dengan CaCO_3 terdapat dalam Tabel 9.

Tabel 9 Bahan pengapuran dan nilai netralisasinya
(Sujadi, 1984)

Bahan	Nilai netralisasi setara CaCO_3 (%)	Setara dengan 1ton kapur
Kalsium karbonat (CaCO_3)	100	909
Kapur tohor (CaO)	179	509
Kapur bangunan (Ca(OH)_2)	134	677
MgCO_3	119	761
Kapur dolomitik ($\text{CaMg (CO}_3)_2$)	109-95	841-955
Kulit karang giling	88-80	1000-1136
Terak kalsium silikat	80-71	1136-1273
Mergel (bantuan kapur + tanah)	70-40	1273-2273
Abu kayu	40	2273

Kunjungi
Perpustakaan
Universitas
Medan Area
untuk
Mendapatkan
Fulltext

PUSTAKA

- AID. 1974. Guide for field crops in the tropics and Subtropics. AID; Washington, DC.
- Anonim. 1980. Buku II, PIR-Khusus Dirjen Perkebunan, Jakarta.
- Anonim. 1982. Buku P5, Dirjen Perkebunan Jakarta
- Anonim. 1980. PIR Khusus, Buku II. Bina Perus. Negara Sekt. Pertanian Ditj. Perkebunan, Jakarta.
- Arkin and Taylor. 1981. Modifying the root environment to reduce crop stress. American Soc. Agricultural Engineers.
- Asada, Y. 1983. Investigation on nutritional factors limiting crop growth in the red-yellow podsolic distributed in the province of Lampung. Agroecological survey, Indonesia, coll. of Agriculture, Ehim Univ. Japan.
- Arsjad, Sitanala. 1976. Pengawatan tanah dan air. Departemen Ilmu Tanah IPB, Bogor.
- Beet, S. Willems. 1982. Mutiple cropping and tropical farming systems. Gower Westview Press, Coloradlo
- Cooke, G.W. 1978. Fertilizing for maximum field. Granada Publish. Ltd.
- CRISA. 1979. Cropping systems research in transmigration areas, in Southern Sumatra. Centr. Res Inst. Agric, Bogor. Ann, Report.
- Flaig. 1984 . Soil Organic Matter as a Source of Nutrient, in Organic Matter and Rice. IRR, Los Banos.
- Harahap, Zainuddin. 1977. Cara memproduksi benih padi. Kump. Bah. Kul Penataran Petugas Perbenihan 1976-1977, Direkt. Bina Prod . Tanm Pangan, Jakarta
- Harwood, R. R. 1979. Small farm development. Westview Press, Colorado.
- Hirose, S. 1985. Crop rotahtion for maintaining soil productivity. Proceed. Internat. Sem. On Environment. Factors in Agricultur. Production NRCT/PSU/JSPS/TUA, Thailand
- IRRI. 1977. Irrigation Policy and Management in South Fast Asia.

Ismanbgun, Surwardjo, A. Hidayat. 1984. Hasil-hasil Survei Kapasitas Tanah Areal Transmigrasi. P3MT/PPT. Pertem. Tehnis Penelt. Pola Usaha Tani Transmigrasi, Cisarua, Bogor.

Ismunadji, M. dan S. Partohardjono. 1985. Program dan Hasil Penelitian Pengapuran Tanah Masam untuk Peningkatan Produksi Tanaman Pangan. Seminar Pengapuran Tanah Masam untuk Produksi Tanaman Pangan, Jakarta.

Kyuma, K. 1985. Oxisols and ultisols, form swidden to sustained upland farming, dalam Proceed. Internat. Sem, on Environment. Factos in Agric. Production NCRT/PSU/JSPS/TUA, Thailand.

Lal, R. 1975. Role of Mulching Tecniques in Tropical Soil and Water Management. Technic Bul. I, IATA. Ibadan, Nigeria