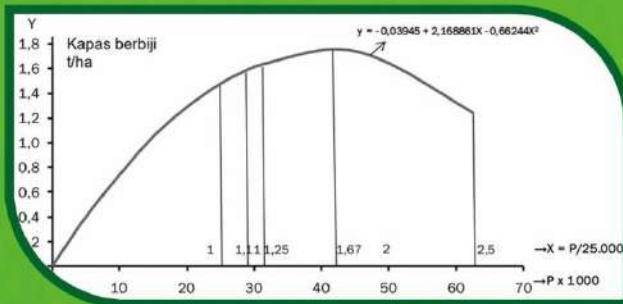


Prinsip-Prinsip Agronomi

Dengan Hasil-Hasil Penelitian di Indonesia



Prof. Adji Sastrosupadi, APU

Dr. Ir. Widowati, MP

Ir. Amik Krismawati, MP



**Prinsip-Prinsip Agronomi
dengan
Hasil-Hasil Penelitian di Indonesia**

PRINSIP-PRINSIP AGRONOMI DENGAN HASIL-HASIL PENELITIAN DI INDONESIA

**Prof. Adji Sastrosupadi, APU
Dr. Ir. Widowati, MP
Ir. Amik Krismawati, MP**



Penerbit & Percetakan

Universitas Negeri Malang

Anggota IKAPI No. 059 / JTI / 89

Jl. Semarang 5 (Jl. Gombang 1) Malang, Kode Pos 65145

Telp. (0341) 562391, 551312 psw 453

Sastrosupadi, A., dkk.

Prinsip-Prinsip Agronomi dengan Hasil-Hasil Penelitian di Indonesia – Oleh:
Prof. Adji Sastrosupadi, APU, dkk. – Cet. I – Universitas Negeri Malang, 2018.

xxii, 276 hlm; 18,2 x 25,7 cm

ISBN: 978-602-470-074-4

**PRINSIP-PRINSIP AGRONOMI
DENGAN HASIL-HASIL PENELITIAN DI INDONESIA**

Prof. Adji Sastrosupadi, APU

Dr. Ir. Widowati, MP

Ir. Amik Krismawati, MP

Penyunting : Ir. H. Son Suwasono, M.Sc.

Desain Sampul : Syaiful Bahri

-
- Hak cipta yang dilindungi:

Undang-undang pada : Pengarang

Hak Penerbitan pada : Universitas Negeri Malang

Dicetak oleh : Universitas Negeri Malang

Dilarang mengutip atau memperbanyak dalam bentuk apapun tanpa izin tertulis dari Penerbit.

-
- Universitas Negeri Malang
d/h Penerbit IKIP Malang, Anggota IKAPI No. 059/JTI/89
Jl. Semarang 5 (Jl. Gombong 1) Malang, Kode Pos 65145
Telp. (0341) 562391, 551312 psw. 453
-
- Cetakan I: 2018
-

KATA PENGATAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas perkenananNya buku "Prinsip-Prinsip Agronomi Dengan Hasil-Hasil Penelitian Di Indonesia" dapat tersusun. Penyusunan buku ini didorong oleh dua hal. Pertama ingin membantu mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tungadewi (UNITRI) Malang dalam memperdalam ilmu Agronomi, mengingat mata kuliah Agronomi hanya diberikan dalam satu semester atau maksimal hanya 16 kali tatap muka. Kedua ingin berpartisipasi dalam mensukseskan program pangan pemerintah yaitu ketahanan, kemandirian dan kedaulatan pangan. Ketiga program pemerintah tersebut dapat diwujudkan bila Indonesia dapat swasembada pangan, khususnya beras seperti yang pernah diraih Indonesia pada tahun 1984. Kesuksesan tersebut membuahkan Indonesia mendapat penghargaan dari FAO.

Untuk dapat swasembada atau berdikari perlu adanya invensi dan inovasi teknologi tepat guna dalam budidaya pertanian yang berbasis ilmu Agronomi. Mengingat luasnya cakupan ilmu Agronomi, maka yang disajikan dalam buku ini berupa topik-topik yang ada kaitanya dengan masalah-masalah yang umumnya dihadapi oleh masyarakat pertanian. Pendalaman selanjutnya diserahkan kepada mahasiswa pertanian, khususnya untuk program studi Agronomi/ Agroteknologi/ Agroekoteknologi. Maha Besar Allah SWT pemegang segala ilmu. Ternyata makin diteliti makin banyak yang tidak diketahui, makin dicari makin banyak yang tersembunyi. Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada Sdr. Fajar Hary Sansaka, ST. yang menyelesaikan pengetikan dan tipografi buku ini.

Penulis menyadari buku yang tersusun ini masih jauh dari sempurna, karena itu saran dan kritik dari pembaca sangat diharapkan sebagai bahan masukan untuk perbaikan penerbitan berikutnya.

Malang, Januari 2019

Penulis

Adji Sastropupadi

Widowati

Amik Kismawati

SAMBUTAN KETUA PENGURUS YAYASAN BINA PATRIA NUSANTARA

Saya sambut dengan gembira dan saya sampaikan selamat kepada para penulis atas tersusunnya buku “Prinsip-Prinsip Agronomi Dengan Hasil-Hasil Penelitian Di Indonesia” ini. Dalam sejarah perkembangan ilmu pertanian, ilmu Agronomi adalah ilmu pertanian yang paling tua. Kehidupan manusia purba untuk kebutuhan pangan dan daging tergantung dari hutan, dan mereka sebagai nomaden. Proses seperti itu telah berjalan dalam kurun waktu ribuan tahun yang akhirnya mereka beralih menjadi pertanian menetap dengan menerapkan cara bercocok tanam. Istilah bercocok tanam mengalami pembakuan yang akhirnya dikenal dengan istilah Agronomi yang dalam perjalanannya sering berubah menjadi Agroteknologi atau Agroekoteknologi.

Akhir-akhir ini ilmu agronomi saat ini menjadi penting sehubungan dengan program pemerintah Indonesia dalam bidang pangan yang meliputi ketahanan, kemandirian dan kedaulatan pangan. Ketahanan dan kedaulatan pangan dapat terwujud bila Indonesia dapat mencapai swasembada pangan. Untuk itu diperlukan teknologi tepat guna yaitu suatu teknologi yang memenuhi persyaratan: *technically applicable, socially acceptable, economically feasible, politically desirable and environmentally tolerable and sustainable*. Dengan demikian teknologi tepat guna tersebut wajar bila berbasis Agronomi.

Meskipun buku ini semula diperuntukkan bagi mahasiswa Fakultas Pertanian UNITRI Malang, tetapi mengingat cakupan isinya dapat digunakan juga bagi mahasiswa pertanian, peneliti, teknisi, dan

praktisi pertanian. Semoga buku ini dapat bermanfaat sesuai dengan yang diinginkan oleh para penulisnya.

Malang, Januari 2019
Ketua Pengurus
Yayasan Bina Patria Nusantara

(Prof. Dr. Ir. Wani Hadi Utomo)

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	v
SAMBUTAN REKTOR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang (Kasus Pada Tanaman Padi) ...	1
1.2 Peningkatan Produktivitas dan	
Kualitas Tanaman	7
BAB II LINGKUNGAN TUMBUH PADA TANAMAN	13
2.1 Iklim	13
2.1.1 Radiasi Matahari	13
2.1.2 Intensitas Radiasi Matahari	14
2.1.3 Intersepsi Radiasi Matahari Dalam	
Kanopi	21
2.1.4 Kualitas Radiasi Matahari	24
2.1.5 Fotoperiodisme	25
2.1.6 Hujan	28
2.1.7 Suhu	30
2.1.8 Kelembaban Udara	32
2.2 Tanah	32
2.2.1 Tanah Sebagai Media Tumbuh Tanaman	32
2.2.2 Bahan Organik Tanah	44
2.2.3 Organisme Tanah	46
2.2.4 Dekomposisi Bahan Organik Tanah	51
2.2.5 Penurunan Bahan Organik Tanah	54
2.3 Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman	54

BAB III	BAHAN TANAMAN	63
	3.1 Perbanyakkan Bahan Tanaman	64
	3.2 Tanaman Transgenik	66
	3.3 Perakitan Varietas Unggul (Kasus pada tanaman padi)	74
	3.4 Perbanyakkan Benih	77
	3.5 Faktor Perbanyakkan Benih	78
	3.6 Mutu Benih	79
	3.7 Sertifikasi Benih	80
BAB IV	WAKTU TANAM	83
	4.1 Tanaman Kapas (<i>Gossypium</i> sp.)	83
	4.2 Tanaman Rosela (<i>Hibiscus sabdariffa</i>) dan Kenaf (<i>H. cannabinus</i>)	84
	4.3 Tanaman Kedelai	85
	4.4 Tanaman Kacang Tanah	86
	4.5 Tanaman jagung	86
	4.6 Tembakau Madura	86
	4.7 Tembakau Virginia	86
BAB V	PENGOLAHAN TANAH	87
	5.1 Pengolahan Tanah Sempurna (Konvensional) ..	87
	5.2 Pengolahan Tanah Minimum	87
	5.3 Pengolahan Tanah Tanpa Olah Tanah (TOT) ..	88
	5.4 Penggunaan Mesin Pertanian	88
	5.1 Hasil Penelitian	91
BAB VI	JARAK DAN POPULASI TANAMAN	97
	6.1 Hubungan Populasi Tanaman dan Hasil	97
	6.1 Bentuk Jarak Tanam	102
BAB VII	PENGENDALIAN GULMA	117
	7.1 Definisi Gulma	117
	7.2 Sifat-sifat Gulma	117
	7.3 Keberadaan Gulma	117
	7.4 Penggolongan/Pengelompokan Gulma	119

7.5	Periode Kritis Tanaman Terhadap Gulma	121
7.6	Pengendalian Gulma	121
7.7	Hasil Penelitian	125
BAB VIII	PUPUK DAN PEMUPUKAN	129
8.1	Definisi Pupuk	129
8.2	Klasifikasi Pupuk	129
8.2.1	Pupuk Anorganik	130
8.2.2	Pupuk Organik	137
8.3	Pemupukan Berimbang	145
8.4	Efisiensi Pemupukan	147
8.5	Menentukan Kebutuhan Pupuk	154
8.5.1	Percobaan Lapangan	154
8.5.2	Analisis Jaringan Tanaman	158
8.5.3	Analisis Tanah	162
8.5.4	Analisis Nitrat Tanah	162
8.5.5	Perangkat Uji Tanah Sawah	163
8.5.6	Penetapan Kebutuhan N dengan Bagan Warna Daun (BWD =LCC - <i>Leaf Color Chart</i>)	166
8.6	Hasil Penelitian	169
BAB IX	PANEN GANDA	173
9.1	Definisi Tanam Ganda	174
9.2	Tanam Ganda Di China	176
9.3	Keuntungan Tanam Ganda	179
9.4	Keuntungan Tanam Tumpangsari	179
9.5	Prinsip Tanam Tumpangsari	180
9.6	Parameter Sistem Tanam Tumpangsari	181
9.6.1	Rasio Kesetaraan Lahan	181
9.6.2	Rasio Kesetaraan (Area x Waktu)	183
9.6.3	Rasio Penampilan Tanaman (RPT)	186
9.7	Usaha Tani Sistem Tanam Tumpangsari	190
9.8	Parameter Sistem Tanam Ganda	190
9.9	Hasil Penelitian	194

BAB X	DARI REVOLUSI HIJAU SAMPAI DENGAN	
	EKONOMI BIRU	205
	10.1 Revolusi Hijau	205
	10.2 Perkembangan Program Pertanian Tanaman	
	Pangan Setelah Revolusi Hijau	206
	10.2.1 Periode 1945 – 1950	206
	10.2.2 Periode 1950 – sekarang	206
	10.3 Revolusi Hijau Lestari	211
	10.4 Ekonomi Hijau	213
	10.5 Ekonomi Biru	215
BAB XI	IMPLEMENTASI PRINSIP-PRINSIP	
	AGRONOMI	219
	11.1 Penerapan Pengelolaan Tanaman Terpadu	
	Padi dan Kedelai	219
	11.1.1 Program Pengelolaan Tanaman Terpadu	
	Padi dan Kedelai	220
	11.1.2 Penerapan PTT Padi dan Kedelai	221
	11.2 Model Kawasan Rumah Pangan Lestari	229
	11.2.1 Pelaksanaan MKRPL di Desa Palur,	
	Kebonsari, Madiun	223
	11.2.2 Beberapa hasil MKRPL	223
	DAFTAR PUSTAKA	239
	LAMPIRAN	253
	Lampiran 1	
	Perhitungan mencari populasi dan hasil maksimal dari hasil	
	percobaan jarak tanam kapas di Purwodadi, Jawa Tengah	
	Tahun 1976	255
	Lampiran 2	
	Mencari garis regresi antara populasi tanaman/ha dengan	
	hasil kapas berbiji/tanaman	260

Lampiran 3	
Beberapa Tanaman C_3 dan C_4	262
Lampiran 4	
Perhitungan kebutuhan sarana produksi	265
INDEKS	269
RIWAYAT HIDUP	273

DAFTAR TABEL

			Halaman
Tabel 1.1	Produksi beras (000 ton) tahun 1984 – 2006*)		4
Tabel 1.2	Angka konsumsi beras di Indonesia		7
Tabel 2.1	Produktivitas potensial usahatani padi sawah di P. Jawa Tahun 1996 – 2003		20
Tabel 2.2	Hasil biji sorgum varietas UPCA-S2 di tanah aluvial, Lamongan		21
Tabel 2.3	Koefisien pengurangan radiasi k untuk beberapa tanaman utama*		23
Tabel 2.4	Kebutuhan air tanaman pada beberapa tanaman (Doorenbos <i>et al.</i> , 1979)		28
Tabel 2.5	Perkembangan tanaman kapas menurut satuan panas di Indonesia		31
Tabel 2.6	Kriteria penilaian sifat kimia tanah		35
Tabel 2.7	Berat mili ekivalen berbagai kation		37
Tabel 2.8	Pengaruh inokulasi <i>Actinomyces</i> dan <i>Fusarium</i> terhadap populasi mikroba, berat dan jumlah buah tomat var. Mutiara		50
Tabel 2.9	Perbedaan antara sifat koloid liat dan humus		53
Tabel 2.10	Kesesuaian Agroekosistem untuk Bertanam Kedelai (Adisarwanto, 2005)		55
Tabel 2.11	Kriteria teknis kesesuaian lahan untuk kakao		56
Tabel 2.12	Hasil uji tanah pada lapisan atas (0-20cm)		58
Tabel 2.13	Kesesuaian lahan untuk tanaman kapas		59
Tabel 2.14	Hasil klasifikasi kesesuaian lahan		60
Tabel 3.1	Sumber gen baru pada tanaman transgenik*		66
Tabel 3.2	Tanaman transgenik yang dikembangkan		68
Tabel 3.3	Beberapa perusahaan yang bekerja sama dengan Departemen Amerika Serikat untuk menguji tanaman transgenik di lapangan*		69
Tabel 3.4	Tanaman transgenik yang telah diuji di beberapa negara industri dari tahun 1986-1992*		70
Tabel 3.5	Standar pengujian laboratorium untuk benih padi bersertifikat		81
Tabel 3.6	Standar pengujian laboratorium untuk benih jagung bersari bebas bersertifikat		81

Tabel 3.7	Standar pengujian laboratorium untuk benih kedelai bersertifikat	82
Tabel 4.1	Pengaruh bulan tanaman rosella dan kenaf terhadap umur berbunga	85
Tabel 5.1	Pengaruh intensitas pengolahan tanah pada padi terhadap hasil kedelai yang ditanam sesudah padi di KP Jambegede, MK 1989	92
Tabel 5.2	Pengaruh pengolahan tanah dan bahan organik .. terhadap hasil kedelai varietas anjasmoro di lahan pasang surut Siak, Riau MT 2010	93
Tabel 5.3	Pengaruh pengolahan tanah pada padi terhadap hasil kacang tanah, MK 1990	93
Tabel 5.4	Pengaruh kedalaman pengolahan tanah terhadap pengaruh susul pada hasil beberapa tanaman di alfisol semi arid Anantapus, India	94
Tabel 6.1	Variasi jarak tanam	98
Tabel 6.2	Hasil kapas berbiji (ton/ha) dengan kepadatan tanaman /ha di Purwodadi, Jawa Tengah, tahun 1976	100
Tabel 6.3	Pengaruh populasi tanaman terhadap hasil biji varietas wijen	103
Tabel 6.4	Pengaruh jarak tanam kapas varietas Reba BTK 12 di Kecamatan Gurah, Kediri dan Kecamatan Toroh, Purwodadi	104
Tabel 6.5	Sistem tanam, tata tanam, dan dosis pupuk pada pola tumpangsari kapas+palawija	107
Tabel 6.6	Jarak antar baris sama dan jarak dalam baris bergradien	114
Tabel 6.7	Jarak antar baris sama dan populasi bergradien dengan interval yang sama	115
Tabel 7.1	Persen kehilangan hasil akibat gangguan gulma pada berbagai tanaman	119
Tabel 7.2	Periode kritis tanaman akibat gangguan gulma	121
Tabel 7.3	Insekta yang digunakan memberantas gulma di India	124
Tabel 7.4	Pengaruh cara pengendalian gulma terhadap hasil polong kacang kering varietas kelinci	125
Tabel 7.5	Pengaruh pengendalian gulma terhadap bobot kering gulma dan bobot kering biji kedelai	126
Tabel 7.6	Pengaruh jarak tanam dan pupuk kandang terhadap berat kering gulma dan berat tongkol jagung	127
Tabel 7.7	Pengaruh pengendalian gulma terpadu terhadap hasil kapas dan kedelai	128

Tabel 8.1	Kandungan unsur hara beberapa tanaman pupuk hijau	139
Tabel 8.2	Pengaruh <i>C. usaramoensis</i> terhadap hasil jagung varietas Maya	140
Tabel 8.3	Kandungan unsur hara dari kotoran berbagai jenis tanah di China	140
Tabel 8.4	Kandungan unsur hara dari Berbagai jenis hewan di Philipina	141
Tabel 8.5	Pengaruh penggunaan pupuk hayati terhadap hasil beberapa tanaman*)	143
Tabel 8.6	Hasil jagung dengan aplikasi biochar pada tiga Musim Tanam	145
Tabel 8.7	Banyaknya unsur hara utama yang di angkut melalui panen pada beberapa tanaman	149
Tabel 8.8	Hasil serat kenaf varietas Hc 48 di lahan Bonorowo, Nganjuk, MT (1986/1987)	154
Tabel 8.9	Pengaruh pemupukan N dan P terhadap hasil serat kenaf varietas Hc48	157
Tabel 8.10	Tingkat NO ₃ – N yang dibutuhkan pada stadium pertumbuhan tanaman kapas di Arizona, Amerika Serikat	161
Tabel 8.11	Rekomendasi berdasarkan nilai pH	166
Tabel 8.12	Hasil analisis tanah di lokasi demplot	167
Tabel 8.13	Perbandingan hasil padi dan efisiensi pemupukan N (urea) dengan total dan tanpa penggunaan Bagan Warna Daun (BWD)	168
Tabel 8.14	Rekomendasi pemupukan N berdasarkan target produksi dan pembacaan BWD	169
Tabel 8.15	Pengaruh pengolahan tanah, residu tanaman penutup tanah dan dosis N terhadap hasil jagung varietas Gumarang	170
Tabel 8.16	Pengaruh jenis pupuk organik dan pupuk anorganik terhadap hasil beberapa varietas kapas dan varietas jagung Pioneer 4	171
Tabel 8.17	Pengaruh macam kompos terhadap hasil kedelai varietas Anjasmoro di desa Bunga Raya, Siak Riau	172
Tabel 9.1	Hasil jagung dan kedelai tumpangsari	182
Tabel 9.2	Jumlah dan biaya tenaga kerja tiap hektar pada usahatani kenaf	195
Tabel 9.3	Jumlah biaya, hasil dan pendapatan usahatani kenaf tiap hektar	196
Tabel 9.4	Hasil, penerimaan usahatani dan NKL sistem tanam tumpangsari jagung/kenaf	197

Tabel 9.5	Analisa usahatani per ha ketiga pada tanam di Desa Bojongsari, Kecamatan Losari, Kabupaten Brebes musim tanam 2000/2001	199
Tabel 9.6	Pengaruh pengolahan tanah terhadap tinggi dan lebar tajuk tanaman kopi umur 4-24 bulan	201
Tabel 9.7	Produksi kelapa dan kopi pada dua teknik pengolahan tanah	201
Tabel 9.8	Analisis usahatani kelapa+kopi tanpa olah tanah .	202
Tabel 9.9	Analisis usahatani kelapa+kopi dengan olah tanah total	203
Tabel 11.1	Teknologi Budidaya Padi di Desa Tiron	223
Tabel 11.2	Teknologi Budidaya Kedelai di Desa Mejayan	225
Tabel 11.3	Data Keragaan Tanaman Demfarm Varietas Unggul Padi VUB Padi dan Uji Varietas, Madiun, 2011	227
Tabel 11.4	Data Keragaan Tanaman Demfarm Varietas Unggul Kedelai dan Uji Varietas, Madiun, 2011	228

DAFTAR GAMBAR

			Halaman
Gambar	1.1	Petumbuhan penduduk dan pangan	2
Gambar	1.2	Skema faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas dan kualitas tanaman	9
Gambar	2.1	Cahaya matahari yang jatuh ke suatu permukaan daun	14
Gambar	2.2	Radiasi matahari yang jatuh pada permukaan suatu bidang	15
Gambar	2.3	Perbesaran dari lokasi fotosintesis pada tumbuhan. Daun merupakan organ utama fotosintesis pada tumbuhan. Gambar ini menunjukkan kepada Anda bagian dalam daun, sel, dan terakhir kloroplas, organel tempat fotosintesis terjadi (Campbell et al., 2010)	19
Gambar	2.4	Pengurangan radiasi secara eksponensial pada kanopi tanaman jagung. Dalam contoh ini kanopi dibagi menjadi tiga lapisan dengan ILD yang homogen ($L=1$). Radiasi yang diterima dilapisan bawah setiap L dinyatakan sebagai $I/I_0 = e^{-kL}$, di mana k adalah koefisien pengurangan (pemadaman) dari spesies tanaman	22
Gambar	2.5	Spektrum elektromagnetik yang menampakkan cahaya sampai ungu. 1 nm	24
Gambar	2.6	Pertukaran kation H^+ dan Co^{++}	36
Gambar	2.7	Hubungan antara C/N ratio dan ketersediaan N selama proses dekomposisi residu tanaman ...	52
Gambar	3.1	Bagan skematis bahan tanaman	64
Gambar	5.1	Pengolahan tanah dengan tractor, dan tenaga ternak	89
Gambar	5.2	Mesin perontok padi dan perontok tenaga manusia	89
Gambar	5.3	Alat penyanggulma (landak) dan traktor pemanen padi	90
Gambar	6.1	Hubungan antara populasi tanaman per hektar dengan hasil tanaman (ton/ha)	98
Gambar	6.2	Hubungan antara populasi tanaman per hektar dengan hasil per tanaman (g/tanaman)	99
Gambar	6.3	Hubungan antara populasi tanaman/ha dengan	

	hasil kapas berbiji t/ha	100
Gambar	6.4 Hubungan antara populasi taman/ha dengan hasil serat berbiji/tanaman	102
Gambar	6.5 Tanaman wijen yang bercabang dan tidak bercabang tumpangsari dengan jarak kepyar (<i>Ricinuscommunis</i>)	103
Gambar	6.6 Hubungan antara populasi tanaman dengan hasil kapas berbiji di Gurah dan Toroh	105
Gambar	6.7a Tumpangsari kapas dan jagung : 3 baris kapas + 2 baris jagung	105
Gambar	6.7b Tumpangsari kapas dan kacang tanah : 1 baris kapas + 2 baris kacang tanah.....	106
Gambar	6.7c Tumpangsari kapas dan kedelai : 1 baris kapas + 3 baris kedelai	106
Gambar	6.7d Tumpangsari kapas dan kacang hijau : 1 baris kapas + 2 baris kacang hijau	106
Gambar	6.8 Tata tanam tumpangsari ubi kayu + kacang tanah (Balitkabi, 2011)	107
Gambar	6.9a Jarak tanam konvensional 25 cm x 20 cm	108
Gambar	6.9b Jajar Legowo 2 : 1 jarak tanam (20cm x 20cm) x 40 cm (satu unit)	109
Gambar	6.9c Jarak tanam konvensional 25 cm x 25 cm	109
Gambar	6.9d Jajar Legowo 2 : 1 jarak tanam (25cm x 12,5cm) x 50 cm (satu unit)	110
Gambar	6.9e Jajar Legowo 4 : 1 tipe 1 jarak jarak tanam (25 cm x 12,5cm) x 50 cm (satu unit)	110
Gambar	6.9f Jajar Legowo 4 : 1 tipe 2 jarak jarak tanam (25 x 12,5 cm) x 50 cm (satu unit)	111
Gambar	6.10 Jajar legowo pada tanaman padi, ketela pohon, dan tebu	112
Gambar	6.11 Alat tanam jajar legowo (atajale 21)	113
Gambar	6.12 Penggunaan traktor pada tanaman kapas di Amerika Serikat	113
Gambar	7.1 Jenis gulma yang dapat menularkan kembali (reinokulasi) virus tungro pada tanaman padi; (a) <i>Phylanthus ninuri</i> , (b) <i>Eulisine indica</i> , (c) <i>Cyperus rotundus</i> , dan (d) <i>Fimbrisstylis miliaceae</i>	118
Gambar	8.1 Klasifikasi Pupuk	130
Gambar	8.2 Aturan Pencampuran Pupuk	131
Gambar	8.3 Hidrolis dari urea	135
Gambar	8.4 Perubahan urea pada tanah yang tergenang ..	136
Gambar	8.5a Pupuk disebar sebelum tanam (broadcast)	153

Gambar	8.5b	Pemupukan pada tanaman kenaf (30x15cm) Pupuk ditempatkan pada alur pupuk (<i>brand placement</i>) di antara dua baris tanaman	153
Gambar	8.5c	Pupuk ditempatkan pada alur melingkar (<i>brand placement</i>)	153
Gambar	8.5d	Pupuk ditempatkan pada alur pupuk (<i>brand placement</i>) menggunakan traktor	153
Gambar	8.5e	Pupuk ditempatkan pada alur pupuk (<i>brand placement</i>) menggunakan traktor	153
Gambar	8.5f	Pemupukan pada tanaman kenaf (30x15cm) Pupuk ditempatkan pada lubang puuk (<i>drill placement</i>).x-tanaman kenaf; o-lubang pupuk	153
Gambar	8.5g	Pemupukan pada tanaman jagung (<i>drill placement</i>)	153
Gambar	8.6	Hubungan kadar suatu hara dalam jaringan tanaman dengan hasil	158
Gambar	8.7	Hubungan antara kadar nitrat petiol dengan kebutuhan N kapas pada saat awal pembungaan	161
Gambar	8.8	Hubungan antara nitrat tanah dengan kebutuhan nitrogen pada kapas	163
Gambar	8.9	Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS) dengan berbagai reagen kimia	163
Gambar	8.10	Pengambilan Contoh Tanah	164
Gambar	8.11	Penetapan P tanah	165
Gambar	8.12	Penetapan pH tanah	166
Gambar	8.13	Cara penggunaan BWD pada tanaman padi dan jagung (Liptan, 1999)	168
Gambar	9.1	Kondisi penanaman di lahan pertanian di Kabupaten Blitar	173
Gambar	9.2a	Tumpangsari kapas dan kacang hijau.....	177
Gambar	9.2b	Tumpangsari jagung dan kacang hijau	177
Gambar	9.2c	Tumpangsari jagung dan kenaf	178
Gambar	9.2d	Tumpangsari jarak kepyar dan wijen bercabang	178
Gambar	9.2e	Tumpangsisi jagung dengan kacang panjang dan lombok, sedangkan kacang panjang dan lombok merupakan tumpangsari. Batang jagung digunakan untuk tiang rambat kacang panjang, di desa Jemekan, Kras, Kediri	178
Gambar	9.2f	Tumpangsari jagung dan padi gogo	178
Gambar	9.2g	Tumpangsisi jagung dan lombok	178
Gambar	9.2h	Tumpangsisi jagung dan kenaf	178

Gambar	9.3	Jagung berakar serabut dan kenaf berakar tunggang	180
Gambar	9.4	Luas pertanaman pada usaha tani	191
Gambar	9.5	Luas pertanaman pada usaha tani	192
Gambar	9.6	Pola tanam dan sistem pergiliran tanaman pada lahan Bonoworo di Desa Nglundo, 1986/1987	194
Gambar	9.5	Pola tanam pada lahan sawah tadah hujan yang ada di Desa Bojongsari, musim tanam 2000/2001	198
Gambar	9.6	Tanaman sela kopi robusta di bawah pohon kelapa Genjah Kuning Nias	204
Gambar	10.1	Integrasi kebun kelapa sawit dan ternak sapi (kotoran sapi dijadikan pupuk kandang	217
Gambar	11.1	Sosialisasi pelaksanaan demfarm pelaksanaan KKP	226
Gambar	11.2	Kondisi pesemaian pada VUB Inpari 13 di demfarm, Desa Tiron, Kab. Madiun	226
Gambar	11.3	Saat tanam padi di demfarm	226
Gambar	11.4	Kondisi tanaman padi VUB Inpari 4 di Demfarm padi	226
Gambar	11.5	Panen raya oleh Bupati Kabupaten Madiun, Kepala Dinas Pertanian Provinsi Jatim, dan Kepala BPTP Jatim	227
Gambar	11.6	Sosialisasi Pelaksanaan M-KRPL di Kabupaten Madiun	234
Gambar	11.7	Pembuatan media tanam <i>baby bag</i>	234
Gambar	11.8	Kegiatan di Kebun Bibit Desa (KBD)	235
Gambar	11.9	Pelatihan Budidaya Sayur Secara Vertikal dengan Paralon	235
Gambar	11.10	Budidaya sayur dalam <i>polybag</i> untuk lahan pekarangan strata 1 dan 2	235
Gambar	11.11	Penataan lahan pekarangan strata 2 dan 3	235
Gambar	11.12	Pelatihan aneka olahan sayuran dan pembuatan krupuk bayam, tomat, terong dan pepaya	236
Gambar	11.13	Pembuatan kolam dari terpal plastik dan sumur/bis beton	236
Gambar	11.14	Pembuatan kolam dari terpal dan semen untuk pemeliharaan ikan lele yang ditata dalam lahan pekarangan strata 2 dan 3	236
Gambar	11.15	Walikota Surabaya memanen tomat Kelompok Tani di Kelurahan Made (9/2/2014)	236

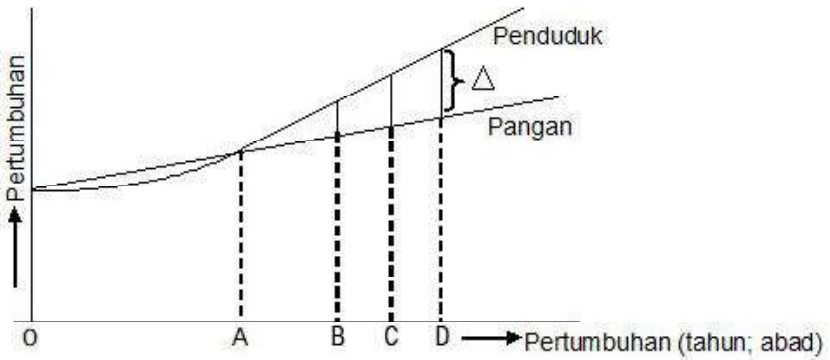
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang (Kasus Pada Tanaman Padi)

Kebutuhan primer atau pokok adalah kebutuhan yang harus dipenuhi agar manusia dapat hidup layak. Kebutuhan primer tersebut meliputi makanan dan minuman (pangan), pakaian (sandang) serta tempat tinggal (papan) yang dikenal dengan sebutan “pangan, sandang, papan” dan yang lebih populer dalam masyarakat Jawa sebutan “sandang, pangan, papan”. Ungkapan yang terakhir ini kurang tepat dibandingkan dengan yang pertama. Kata sandang ditempatkan pada urutan pertama karena ada kaitannya dengan masalah tinggi rendahnya budaya seperti ungkapan “ajining raga saka busana” yang berarti nilai seseorang dapat dinilai dari cara berpakaian. Makan dan minum diperlukan setiap hari, sedangkan pakaian mungkin tiga sampai empat stel (pasang) sudah cukup untuk satu tahun.

Membahas tentang kebutuhan pokok untuk makan atau ketersediaan pangan tidak terlepas dari manusia atau jiwa yang membutuhkan pangan tersebut. Menurut Khudori (2012) pada bulan Oktober 2011 penduduk dunia tercatat 7 miliar jiwa dan pada tahun 2050 diperkirakan mencapai 10 miliar jiwa, sedangkan di Indonesia pada tahun 1984 tercatat 162,167 juta jiwa, pada tahun 2010 tercatat 238 juta jiwa yang semula diperkirakan hanya 234 juta jiwa (BPS, 2010; Soerjani *dkk.*, 2008). Indonesia menempati urutan nomor 4 (empat) sebagai negara berpenduduk terpadat di dunia. Pada tahun 1798 seorang pendeta berkebangsaan Inggris yang bernama Thomas Malthus (Sebrell *etal.*, 1986) mengemukakan suatu teori hubungan perkembangan atau pertumbuhan jumlah penduduk dengan jumlah pangan yang tersedia. Pertumbuhan jumlah penduduk mengikuti fungsi perpangkatan (deret ukur) sedangkan pertumbuhan jumlah pangan mengikuti deret hitung. Secara skematis kedua pertumbuhan tersebut disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1.1 Pertumbuhan penduduk dan pangan

Pada periode 0 – A masih terjadi keseimbangan antara jumlah penduduk dengan jumlah pangan yang dapat disediakan, tetapi setelah waktu A maka kesenjangan (Δ) antara jumlah penduduk dengan pangan sudah tidak seimbang, makin lama kesenjangan (Δ) semakin besar. Kesenjangan seperti itu dapat menyebabkan semakin rumitnya masalah sosial antara lain adanya kemiskinan, rendahnya tingkat pendidikan dan kesejahteraan kehidupan manusia yang semakin menurun.

Fungsi perpangkatan untuk pertumbuhan penduduk dinyatakan dengan rumus:

$$\hat{Y} = Ae^{BX}, \text{ dimana}$$

\hat{Y} = jumlah penduduk pada waktu t_2

A = konstanta atau jumlah penduduk pada waktu t_1

e = bilangan 2,71828 (bilangan pokok normal dalam logaritma normal = ln)

B = laju pertumbuhan

X = jangka waktu ($t_2 - t_1$)

Contoh :

Penduduk dunia pada tahun 2011 (Oktober) sebesar 7 miliar jiwa.

Maka pada tahun 2050 jumlah penduduk dunia:

$$\hat{Y}_{(20)} = 7 (2,71828)^{0,0144(2050-2011)}$$

$$\begin{aligned}
&= 7 (2,71828)^{0,0144(39)} \\
&= 7 (2,71828)^{0,546} \\
&= 12,08 \text{ miliar jiwa, dengan asumsi laju pertumbuhan penduduk} \\
&\quad 1,44 \% \text{ per tahun.}
\end{aligned}$$

Perhitungan jumlah penduduk selain dengan fungsi eksponensial (perpangkatan) juga dapat dihitung dengan fungsi geometrik yaitu :

$$\bar{Y}_{(20)} = A (1+r)^t$$

dimana \bar{Y} = jumlah penduduk pada waktu t_2
 A = jumlah penduduk pada waktu t_1 (pada tahun 1984)
 r = laju pertumbuhan penduduk
 $t = t_2 - t_1$
 $= 162,167 (1+0,0144)^{2006-1984}$
 $= 162,167 (1,0144)^{22}$
 $= 222,11 \text{ juta (penduduk Indonesia pada tahun 2006)}$

Menurut majalah Tempo (15-21 Oktober 2012) penduduk dunia pada tahun 2050 mencapai 9 milyar jiwa. Untuk Indonesia, pada tahun 1984 jumlah penduduk 162,167 juta jiwa, dengan asumsi laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,44% per tahun, maka pada tahun 2006 penduduk Indonesia menjadi:

$$\begin{aligned}
\bar{Y} &= Ae^{BX} \\
\bar{Y}_{(2006)} &= 162,167 (2,71828)^{0,0144(2006-1984)} \\
&= 162,167 (2,71828)^{0,0144(22)} \\
&= 162,167 (2,71828)^{0,3168} \\
&= 222,611 \text{ juta jiwa}
\end{aligned}$$

Pertambahan jiwa selama 22 tahun sebesar 222,611 juta – 162,167 juta = 60,444 juta jiwa.

Bagaimana dengan produksi beras yang dihasilkan Indonesia dari tahun 1984 sampai dengan 2006, dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Produksi beras (000 ton) tahun 1984 – 2006*)

Tahun	GKG (Gabah Kering Giling)	Beras	Rendemen (%)
1984	38.134	25.933	68
1985	39.033	26.542	76
1986	39.726	27.014	68
1987	40.078	27.253	68
1988	41.676	29.340	70
1989	44.726	29.072	65
1990	45.179	29.361	65
1991	44.689	29.047	65
1992	48.240	31.356	65
1993	48.181	31.318	65
1994	46.641	31.321	67
1995	49.744	32.334	65
1996	51.101	33.216	65
1997	49.377	31.206	63
1998	49.237	31.118	63
1999	50.866	32.147	64
2000	51.898	32.345	62
2001	50.181	31.283	62
2002	51.490	32.369	63
2003	52.138	32.846	63
2004	54.341	34.342	63
2005	54.151	34.223	63
2006	54.402	34.382	63

* Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS) Berbagai Tahun (Khudori, 2008)
 Konsumsi beras : 346,3 g/kapita/hari

Pertumbuhan produksi beras dari tahun 1984 sampai dengan 2006 menunjukkan grafik linier atau deret hitung dan bila dicari garis regresinya (dengan kalkulator model casio fx-4500 PA), maka :

$$\hat{Y} = b_0 + bX, \text{ dimana}$$

\hat{Y} = produksi beras dalam juta ton

b_0 = intersep

b = laju pertumbuhan produksi beras/tahun

X = waktu (tahun)

Berdasarkan data Tabel 1.1 tersebut maka persamaan garis regresinya adalah= $27,11175 + 0,33912 X$ dan $r = 0,92$; bila X selama

22 tahun, maka prediksi produksi beras pada tahun 2006 sebesar = $27,11175 + 0,33912 (22) = 34.572$ juta ton, sedangkan aktualnya 34.382 juta ton. Dari persamaan regresi tersebut ternyata laju pertumbuhan produksi beras sebesar 0,33912 juta ton/tahun (nilai b pada persamaan regresi = 0,33912). Pertambahan produksi beras selama 22 tahun sebesar 34.382 juta ton – 25.933 juta ton = 8.499 juta ton (secara aktual), bila secara prediksi pertambahan produksi beras 34.572 juta ton – 27.112 juta ton = 7.46 juta ton.

Kesimpulan yang diperoleh:

- Selama kurun waktu 22 tahun (2006 – 1984) pertambahan penduduk Indonesia : 222,611 juta – 162,167 juta = 60,444 juta sehingga membutuhkan beras $60,444 \times 0,3463 \times 365 \text{ hari} \times 0,001 \text{ ton} = 7,640$ juta ton, sementara pertambahan beras secara aktual = 34,382 juta ton – 25,933 juta ton = 8,499 juta ton, sehingga masih surplus 8,499 juta ton – 7,640 juta ton = 0,86 juta ton. Secara produksi (regresi) produksi beras pada tahun 2006 = $27,11175 + 0,33912 (22) = 34,572$ juta ton, sedangkan produksi beras pada tahun 1984 = 27,11175 juta ton, pertumbuhan produksi = $34,57239 - 27,11175 = 7,46064$ juta ton beras. Dengan demikian Indonesia kekurangan beras sebesar = $8,499 - 7,46046$ juta ton.
- Penduduk Indonesia pada tahun 2006 sebanyak 226,611 juta sehingga membutuhkan beras = $222,611 \text{ juta} \times 0,3463 \times 365 \text{ hari} \times 0,001 \text{ ton} = 28,138$ juta ton, berarti masih surplus beras $34,382 \text{ juta ton} - 28,138 \text{ juta ton} = 6,10$ juta ton. Secara produksi Indonesia pada tahun 2006 masih surplus beras sebesar = $34,57239 - 28,138 = 6,43439$ juta ton beras.
- Dari perhitungan kasar tersebut diatas menunjukkan bahwa memproduksi (mengestimasi kebutuhan beras secara nasional bukan perkara yang mudah karena banyak faktor yang harus diperhitungkan

Kesenjangan antara jumlah penduduk dengan jumlah produksi pangan (beras) yang semakin meningkat tersebut harus diantisipasi dengan serius yang pada garis besarnya meliputi:

- menekan laju pertumbuhan penduduk antara lain dengan keluarga berencana
- meningkatkan produksi pangan dengan berbagai cara ilmiah yaitu dengan penerapan teknologi bidang ilmu-ilmu pertanian seperti Pemuliaan Tanaman, Ilmu Hama/Penyakit, Ilmu Gulma, Ilmu Tanah dan lain sebagainya.

Data BPS (2010) menyatakan penduduk Indonesia mencapai 238 juta, dengan perhitungan rumus regresi perpangkatan, maka jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2012 akan mencapai:

$$\begin{aligned}\hat{Y} &= 238 (2,71828)^{0,0144(2)} \\ &= 244,95 \text{ juta jiwa}\end{aligned}$$

Sedangkan menurut harian Kompas (30 Agustus 2012 hlm. 17), realisasi produksi gabah sebesar 68,59 juta ton GKG atau 43,109 juta ton beras. Apabila rata-rata konsumsi beras 346,3 g/hari/kapita (Khudori, 2008), maka dalam satu tahun (365 hari) kebutuhan beras pada tahun 2012 sebesar: $244,95 \times 365 \times 0,3463 \times 1/1000$ ton = 30,96 juta ton beras, dengan demikian Indonesia masih surplus beras sebesar $43,109 \text{ juta} - 30,96 \text{ juta ton} = 12,149 \text{ juta ton}$ beras. Dari data tersebut diatas menunjukkan bahwa Indonesia tidak kekurangan beras, kecuali adanya gangguan oleh anomali iklim seperti El Nino dan La Nina serta organisme pengganggu tanaman. Bila terjadi gangguan seperti diatas maka beras boleh diimpor asalkan diperhitungkan dengan cermat dan dampak negartifnya. Tentang angka konsumsi beras per kapita per tahun ini ternyata masih beragam seperti yang terlihat pada Tabel 1.2.

Keberagaman data ini menunjukkan tidak adanya akurasi data, pada hal akurasi data sangat penting untuk perencanaan kebutuhan pangan nasional khususnya beras. Oleh karena itu wajar bila dalam

Tabel 1.2 Angka konsumsi beras di Indonesia

No	Konsumsi beraskg/kapita/tahun	Sumber
1.	97,65 hasil susenas	Kompas, 20 Mei 2014 hlm.7
2.	139,25 digunakan secara resmi oleh pemerintah	Kompas, 20 Mei 2014 hlm.7
3.	114,80 digunakan secara tidak resmi	Kompas, 20 Mei 2014 hlm.7
4.	135,00 Kementan	Kompas, 26 Desember 2012 hlm.12
5.	126,40	Khudori (2008)
6.	141,00	Suryana (2007)
7.	136,30	BPS 2005
8.	115,00	Deptan (2005)
9.	123,80 di kota	Nurnalina dan Harmini (2013)
10,	142,00 di desa	Nurnalina dan Harmini (2013)
11.	112,50 bila ada diversifikasi	Nurnalina dan Harmini (2013)

menentukan kebutuhan beras masih terjadi silang pendapat antar instansi terkait.

Pada bulan januari 2018 ternyata pemerintah mengimpor beras dari Vietnam, Thailand, Pakistan, dan India sebesar 500 ribu ton karena ada tendensi kekurangan beras dan harga beras juga semakin meningkat dari Rp.9450/kg menjadi Rp.11296/kg beras medium (Kompas 22 Januari 2018, hlm.17). Keadaan ini disebabkan tidak ada kesesuaian produksi beras menurut Kementan dan Kemendag. Kementan menyatakan pasok beras cukup, tetapi sebaliknya Kemendag menyatakan ada indikasi kekurangan stok beras. Berdasarkan informasi ini sebaiknya dicari data yang akurat tentang luas panen, produktivitas dari berbagai institusi antara lain BPS, Perguruan Tinggi, Badan Litbang Pertanian atau Institusi lainnya, sehingga prediksi kebutuhan beras atau tanaman pangan lain tidak meleset jauh dari kenyataannya.

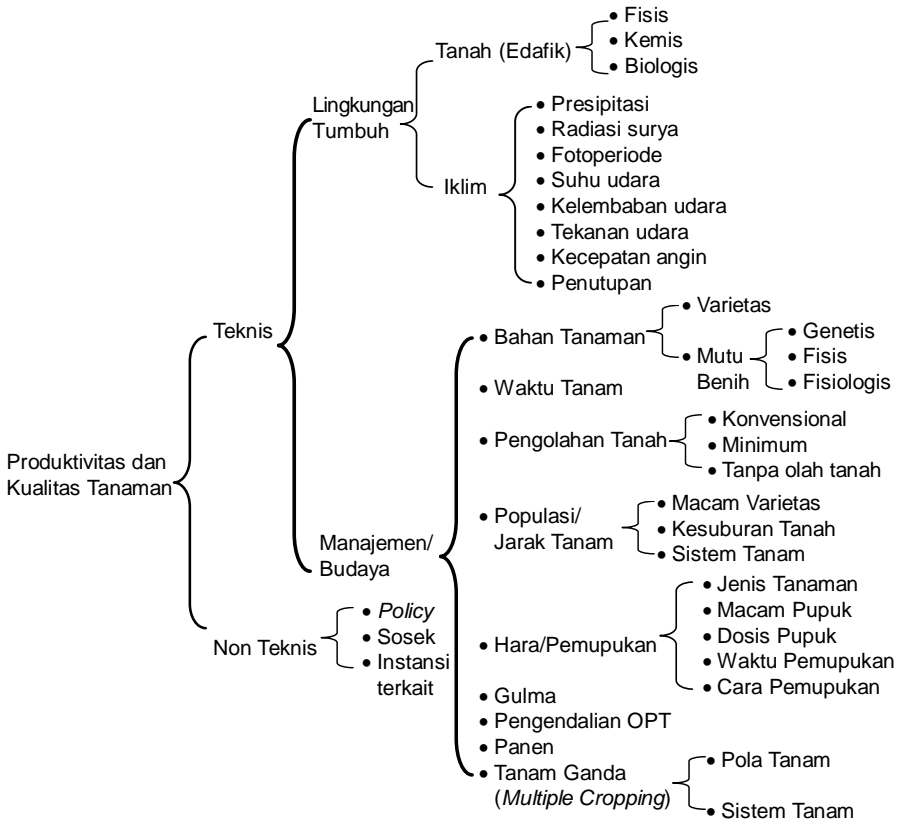
1.2 Peningkatan Produktivitas dan Kualitas Tanaman

Prediksi penduduk dunia pada tahun 2050 menghasilkan nilai yang berbeda-beda, tergantung dari nilai laju pertumbuhan penduduk yang digunakan. Diatas telah dihitung jumlah penduduk dunia mencapai 12,25 miliar dengan asumsi laju pertumbuhan 1,44%, sedangkan

majalah Tempo (15-21 Oktober 2012) memproyeksikan 0,644%, dengan kata lain lebih banyak orang yang diberi makan. Berbagai lembaga dunia dan negara-negara di dunia melakukan langkah-langkah untuk memperkuat ketahanan pangan global (termasuk Indonesia). Ketahanan, kemandirian dan kedaulatan pangan nampaknya tidak bisa ditawar lagi. Jika terlena, krisis pangan global bakal merangsek negeri Indonesia, yang dalam dunia pewayangan terkenal sebagai negeri”**gemah ripah loh jinawi, subur kang sarwo tinandur, toto tentrem kerto rahardjo**” karena memiliki tanah yang amat subur. Bahkan pada tahun 1984 Indonesia mendapat penghargaan dari PBB karena dapat swasembada pangan (beras). Bila tidak serius akan terjadi bak anak ayam mati di lumbung padi.

Upaya meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman merupakan usaha yang begitu kompleks karena melibatkan berbagai faktor, lebih-lebih bagi petani yang umumnya mempunyai luas lahan yang sempit (0,25 – 0,50 ha) dan lemah modal. Pada Gambar 1.2 disajikan skema faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas dan kualitas tanaman. Makna dari skema tersebut yaitu bahwa meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman dalam budidaya skala luas merupakan perpaduan berbagai faktor tidak dapat berdiri sendiri-sendiri. Produktivitas dan kualitas tanaman tidak semata-mata ditentukan oleh factor teknis tetapi juga ditentukan oleh faktor non teknis dan sering terjadi factor non teknis lebih dominan dalam mempengaruhi produktivitas dan kualitas tanaman. Hal ini dapat terbukti adanya kesenjangan produktivitas tanaman dari percobaan atau penelitian dengan produktivitas aktual yang di capai di tingkat praktek atau petani. Hasil penelitian tanaman padi pada MT 2002 di 28 lokasi di Indonesia dengan model PTT (Pengelolaan Tanaman Terpadu) rata-rata menghasilkan 7,29 ton GKP/ha, sedangkan di tingkat petani non PTT hanya mencapai 6,08 ton/ha (Balai penelitian Padi, 2002).

Dari Gambar 1.2 tersebut terlihat adanya faktor manajemen atau pengelolaan tanaman atau teknik budidaya tanaman merupakan faktor yang dominan dan sangat sinkron dengan Ilmu Agronomi. Berbagai definisi agronomi yang dikemukakan oleh beberapa penulis atau pakar agonomi adalah sebagai berikut:



Gambar 1.2 Skema faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas dan kualitas tanaman

Sri Setiyati Harjadi (1993)

Merupakan ilmu yang mempelajari cara pengelolaan tanaman pertanian dan lingkungannya untuk memperoleh produksi maksimum.

Sadjad (1993 a)

Bidang ilmu yang mempelajari cara pengelolaan lahan untuk mampu memproduksi secara maksimal dan lestari melalui obyek tanaman, hewan, lahan dan air, iklim, peralatan dan manusiannya sendiri sebagai subyek.

Jumin (2005)

Agronomi berasal dari kata agros = lapang produksi (field) dan nomos = pengelolaan. Agronomi adalah cara pengelolaan tanam-

an dan lingkungannya, sasarannya adalah memaksimalkan produksi (biji, getah, serat, biomassa dan sebagainya) dalam satuan kg, ku atau ton.

Echols dan Shadily (1981)

Ilmu pengusahaan tanah pertanian, sedangkan agronomist yaitu ahli ilmu pengusahaan tanaman.

Tim Prima Pena. (2015); Tim Redaksi Kamus Besar Bahasa Indonesia (2015);

Cabang ilmu pertanian yang berkaitan dengan teori dan praktek produksi tanaman serta pengelolaan tanah secara ilmiah. Menurut ahli agronomi dari India bahwa tanah di daerah Probolinggo dan Kediri cocok ditanami tanaman anggur.

Azam-Ali dan Squire (2002)

Crop management and its scientific study agronomy is a part of a system that comprises the physical elements of the climate, soil and land, the biological consistent of the vegetation and land, the economic opportunities and constraints of the market, sales and profit and the social circumstances and preferences of those who work the land.

Gupta (1999)

A specialization of agriculture concerned with field crop production and soil managements the scientific management of land.

Tim Penyusun Kamus PS (2013)

- Salah satu cabang ilmu pertanian yang mempelajari budidaya pertanian, fisiologi, genetika dan pemuliaan tanaman, serta lingkungan.
- Ilmu yang mempelajari pengelolaan tanaman pertanian dan lingkungannya untuk memperoleh produksi maksimum dan lestari (berkelanjutan).

Dari definisi-definisi diatas menunjukkan bahwa pada intinya agronomi adalah mengelola lahan dan tanaman agar diperoleh hasil (produksi) yang maksimal. Sadjad (1993 a) lebih menspesifikkan mengenai kelestarian lingkungan dan mencakup pertanian dalam arti luas.

Kemudian lebih rinci lagi seperti yang dikemukakan oleh Azam Ali dan Squire dengan menambahkan tentang pasar dan keuntungan usahatani.

Tidak kalah pentingnya dengan faktor non teknis yang meliputi *policy* atau kebijakan dari Pemerintah, seperti: pembatasan impor produk pertanian dan jaminan harga oleh BULOG. Sebagian besar petani kecil atau gurem yang lemah modal, sehingga perlu bantuan kredit bunga rendah. Instansi yang terkait seperti Bank, Koperasi, Balai Penelitian perlu membantu mereka. Faktor non teknis tidak dibahas dalam buku ini karena lebih difokuskan kepada ilmu agronomi, menemukan teknologi budidaya yang tepat guna yaitu yang memenuhi syarat : *technically applicable, ecomically feasible, environmentally tolerable and sustainable, socially acceptalbe, and, politacally desirable*

Definisi lain teknologi tepat guna yaitu seperti yang dikemukakan oleh Saragih (2003), Budianto (2003) dan Uno (2015).

- Teknologi tepat guna yaitu teknologi yang dapat meningkatkan nilai tambah ilmiah dan nilai tambah agribisnis. Untuk itu kemitraan dengan dunia usaha perlu diperkuat terus (Saragih, 2003)
- Teknologi tepat guna pertanian adalah teknologi yang spesifik lokasi yang diperlukan bagi pengembangan usaha agribisnis agar dapat selalu berdaya saing (Budianto, 2003)
- Teknologi tepat guna adalah temuan yang dapat diaplikasikan dalam waktu singkat yang dapat meningkatkan daya saing industri. Lebih lanjut dikemukakan perlunya keterkaitan erat antara inovasi dan kebutuhan industri, termasuk bagi pelaku UKM (Uno, 2015).
- Teknologi tepat guna adalah teknologi yang aplikasinya sesuai untuk memenuhi kebutuhan masyarakat atau kelompok masyarakat, tidak peduli canggih atau sesederhana teknologi tersebut (Gunadi *dalam* Lokollo, 2013).
- Teknologi spesifik lokasi adalah teknologi yang sumbernya berasal dari petani sendiri dan atau introduksi dari luar lingkungan petani yang diinternalisasi secara terus menerus sehingga menjadi kreativitas masyarakat tani, memiliki daya adaptasi tinggi

dengan kondisi agroekosistem dan sosial budaya setempat yang mampu mengatasi permasalahan lokal yang muncul, dan luarannya lebih unggul dari pada teknologi umum serta bertumpu pada kepentingan masyarakat setempat (Lokollo, 2013)

Sehubungan dengan bergamnya definisi tentang teknologi tepat guna tersebut maka yang penting bagaimana penerapannya di tingkat petani. Untuk itu perlu sosialisasi teknologi seperti yang dikemukakan pada Bab XI.

BAB II

LINGKUNGAN TUMBUH TANAMAN

2.1 Iklim

Iklim adalah sintesis atau kesimpulan dari perubahan nilai unsur-unsur cuaca (hari demi hari dan bulan demi bulan) dalam jangka panjang di suatu tempat atau pada suatu wilayah. Iklim dapat diartikan juga sebagai sifat cuaca di suatu tempat atau suatu wilayah, sedangkan cuaca adalah nilai sesaat dari atmosfer, serta perubahan dalam jangka pendek (kurang dari satu jam hingga 24 jam) di suatu tempat tertentu di bumi (Handoko, 1995). Unsur-unsur cuaca atau iklim meliputi: presipitasi (hujan, embun, salju), radiasi surya, lama penyinaran surya atau fotoperiode, suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara, kecepatan angin, penutupan awan dan evaporasi/evapotranspirasi. Tak kalah pentingnya adalah iklim mikro yaitu keadaan fisik atmosfer sekitar obyek yang spesifik atau dekat permukaan tanah dimana sudah terjadi interaksi fisik antara obyek dengan lingkungan atmosfernya seperti di bawah kanopi/tajuk tanaman, dalam rumah kaca dan hampasan tanaman. Sesuai dengan unsur-unsur iklim diatas sangat berpengaruh terhadap produktivitas/kualitas tanaman yang diusahakan. Dari sekian unsur iklim tersebut, hujan merupakan unsur iklim yang paling penting di Indonesia karena pengaruhnya sangat dominan terhadap unsur iklim lainnya seperti suhu udara, kelembaban dan radiasi surya. Demikian juga adanya anomali iklim seperti El-Nino (musim kemarau yang berkepanjangan) dan La-Nina (musim hujan yang berkepanjangan) sangat berpengaruh terhadap penurunan produktivitas maupun peledakan populasi suatu hama. Dalam buku-buku tentang budidaya tanaman pada umumnya menyebutkan pentingnya kesesuaian iklim dengan jenis tanaman yang diusahakan.

2.1.1 Radiasi Matahari

Radiasi matahari atau cahaya (sinar) matahari merupakan sumber utama energi di bumi dan pancarannya di permukaan bumi menjadi

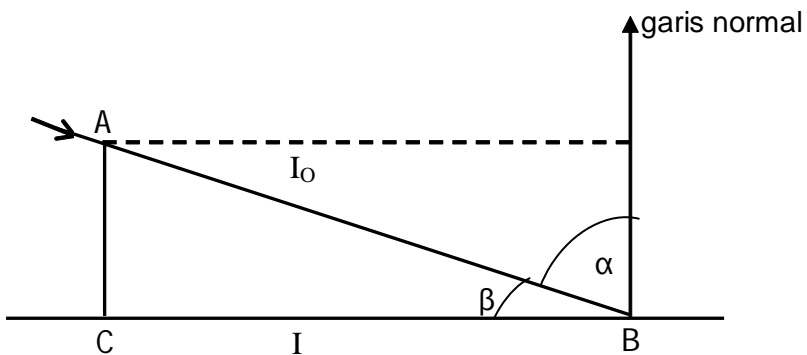
pengendali utama dari iklim. Radiasi matahari yang sudah dikenal secara umum dalam pertanian yaitu dibutuhkan dalam proses fotosintesis. Terdapat tiga unsur penting dari radiasi matahari yaitu intensitas, panjang hari atau fotoperiode dan kualitas radiasi.

2.1.2 Intensitas Radiasi Matahari

Intensitas radiasi matahari adalah jumlah energi surya yang jatuh ke permukaan pada luasan dan waktu tertentu yang dirupakan dalam ukuran cal cm^{-2} , Jm^{-2} atau Wattm^{-2} . Intensitas tersebut dipengaruhi oleh tempat dan waktu yaitu perbedaan letak lintang dan keadaan atmosfer terutama awan. Menurut waktu, perbedaan tersebut terjadi dalam sehari dari pagi sampai sore maupun secara musiman dari hari ke hari.

Intensitas radiasi matahari yang jatuh ke suatu permukaan seperti pada daun tanaman dinyatakan dalam rumus:

$$I = I_0 \cos \alpha \text{ atau } I = I_0 \sin \beta \text{ seperti Gambar 2.1.}$$



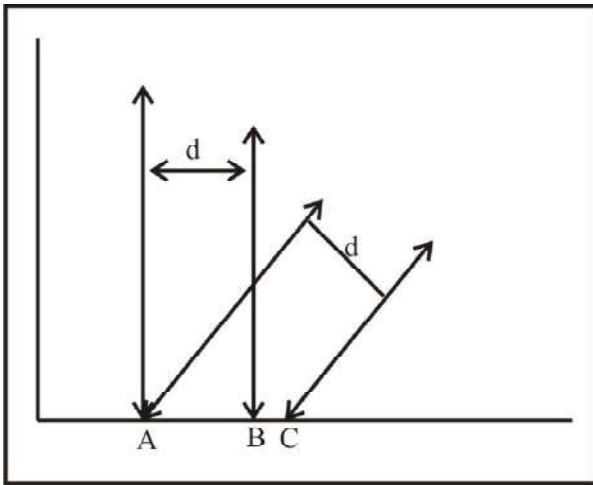
Gambar 2.1 Cahaya matahari yang jatuh ke suatu permukaan daun

- β = sudut antara arah radiasi dan suatu permukaan yang menerima radiasi (sudut datang)
- α = sudut antara radiasi dan garis normal terhadap permukaan yang menerima radiasi

I_0 = intensitas sinar datang

I = intensitas yang diterima oleh permukaan daun (garis BC)

Bila β semakin besar maka sinar matahari semakin mendekati tegak lurus pada bidang datar sehingga intensitas radiasi matahari yang diterima juga semakin besar. Dengan demikian semakin besar âper permukaan bidang datar yang menerima radiasi matahari semakin sempit yang berarti intensitas radiasi matahari semakin besar. Intensitas radiasi matahari yang paling tinggi terjadi di daerah ekuator (katulistiwa). Intensitas radiasi matahari yang jatuh ke permukaan daun secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini:



Gambar 2.2 Radiasi matahari yang jatuh pada permukaan suatu bidang

Pada posisi radiasi matahari tegak bidang yang menerima adalah AB, sedang pada posisi miring bidang yang menerima adalah AC. Bidang AC lebih luas dari pada AB sehingga intensitas radiasi matahari pada AB lebih besar dari pada AC. Implikasi dari fenomena tersebut yaitu tanaman yang mempunyai arsitektur kanopi dengan tipe daun tegak (*erect*) dapat menangkap (mengintersepsi) radiasi matahari

dengan intensitas yang tinggi sehingga meningkatkan efisiensi fotosintesis.

Sehubungan dengan intensitas radiasi matahari yang diterima oleh suatu tanaman maka tanaman dapat diklasifikasi menjadi 3 golongan:

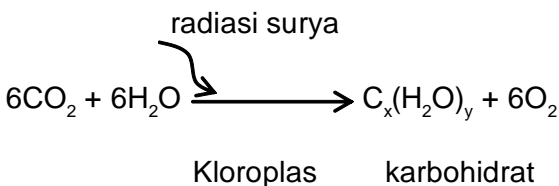
- Tanaman yang memerlukan intensitas radiasi tinggi (*sunplant*): jarak, kapas, jagung, sereal, *cucurbitaceae*, bunga matahari, tomat, kelapa, jeruk, pisang, *chrysanthemum*, gladiol, dan lantana (Intensitas kejenuhan cahaya: 2500 – 6000 *foot candle*)
- Tanaman yang senang naungan (*shade plant*) : gingseng, ficus, mahoni, *philodendron*, tembakau (tergantung varietas) (intensitas kejenuhan cahaya : kurang atau sama dengan 1000 *foot candle*).
- Tanaman yang membutuhkan intensitas radiasi yang relatif tinggi (*partial shade dan sun plant*) : coklat, kopi, teh, lengkuas (intensitas kejenuhan cahaya : kurang atau sama dengan 1000 – 3000 *foot candle*).
- Di perkebunan dijumpai adanya tanaman pelindung pada coklat (kakao), kopi, teh, lada dan vanili. Sebagai contoh yaitu tanaman kakao berasal dari Amerika tropis seperti Amerika selatan bagian utara, Amerika Tengah dan Mexico bagian selatan. Tanaman kakao tersebut ditemukan oleh orang Spanyol dan hidup di hutan atau ternaungi oleh pohon lain (Oche *et al.*, 1961). Kakao sensitif atau peka terhadap suhu dan intensitas radiasi yang tinggi, sehingga masih memerlukan naungan/pohon pelindung karena tanaman kakao termasuk tanaman C_3 . Pada waktu masih muda naungan intensif dan dikurangi secara gradual sejalan dengan umur tanaman. Alvim (*dalam* Prawoto dan Winarsih, 2010) membuktikan fotosintesis berlangsung optimum pada intensitas radiasi sekitar 60% dari penyinaran langsung karena pada dasarnya kakao adalah tanaman yang menyukai naungan. Di daerah tropis pohon pelindung mempunyai fungsi: mengurangi penguapan dari tanah (evaporasi), menekan gulma, menjaga kelembaban udara dan mempertahankan struktur tanah yang baik, meskipun menurut Cunningham dan Lamb (*dalam* Chang, 1968) bila cukup

air dan nutrisi, kakao tumbuh subur dan hasilnya mencapai empat kali dari tanaman yang dinaungi.

Tanaman kedelai termasuk tumbuhan tipe C_3 dengan intensitas radiasi pada fotosintesis maksimum $0,3 - 0,8 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ dapat tumbuh dibawah kelapa, jati dan mangga asalkan naungan tidak melebihi 30% (Adisarwanto, 2007). Menurut Sumarno dan Harnoto (1983) penurunan intensitas cahaya sebesar 40% dapat menurunkan hasil kedelai sampai 30%.

Intensitas radiasi matahari diperlukan oleh tanaman untuk proses fotosintesis (foto-cahaya; sintesis – menggabungkan). Jadi fotosintesis berarti menggunakan cahaya untuk membuat makanan. Selama fotosintesis, tanaman dan beberapa organisme lain menggunakan energi dari matahari untuk mengubah karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O) menjadi oksigen (O_2) dan karbohidrat. Karbohidrat adalah senyawa organik yang banya ditemukan di alam dengan unsur utama penyusunnya C, H dan O; rumus umumnya $\text{C}_x(\text{H}_2\text{O})_y$ dengan x sama dengan y atau kelipatan urutan bilangan bulat seterusnya, misalnya glukosa $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ atau sukrosa $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Karbohidrat merupakan komponen penting yang diperlukan tubuh dan harus ada didalam makanan dalam jumlah tertentu (menentukan nilai gizi makanan dan sumber energi)

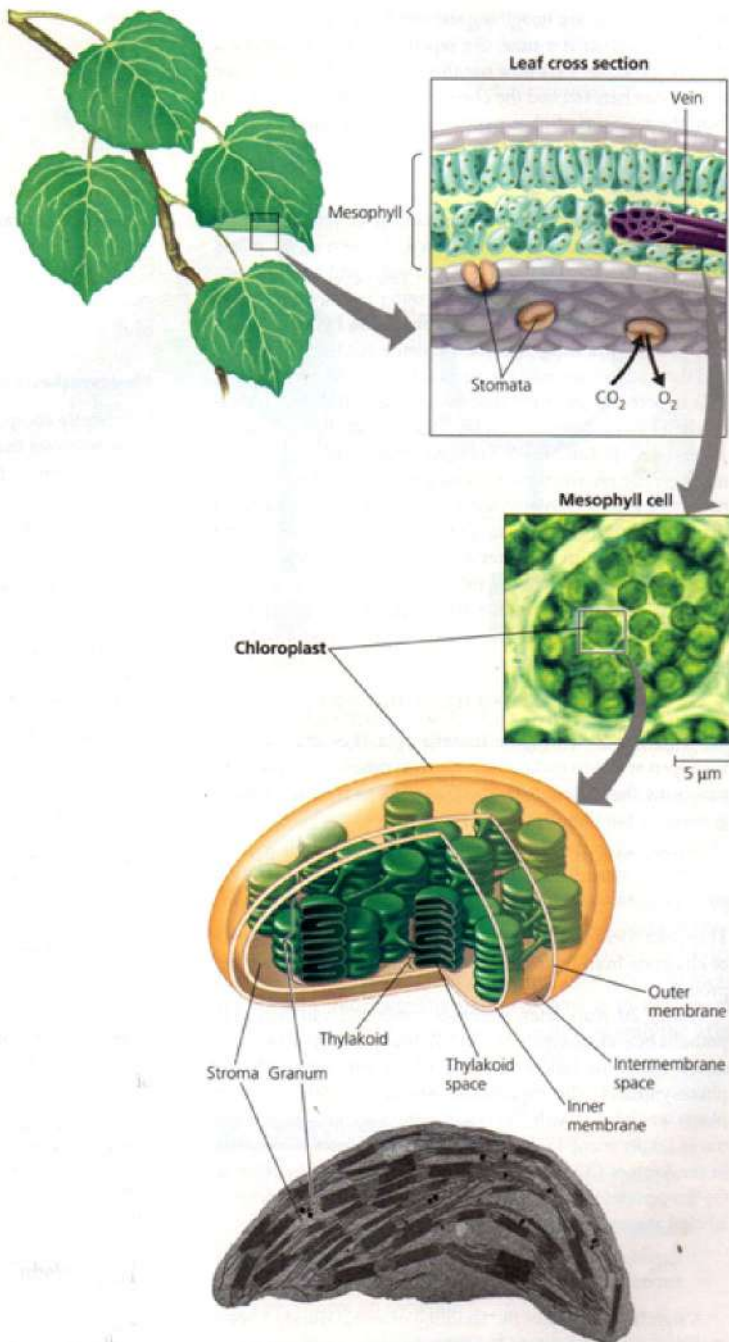
Proses fotosintesis merupakan proses yang kompleks dan berlangsung secara bertahap yang secara ringkas ditulis dalam persamaan berikut:



$\text{C}_x(\text{H}_2\text{O})_y$ antara lain $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (glukosa)

Kloroplas adalah substansi organik hijau yang terdapat di dalam sel tumbuhan yang umumnya banyak terdapat di daun. Kloroplas inilah

yang menyebabkan tumbuhan berwarna hijau. Warna hijau berasal dari pigmen yaitu senyawa kimia berwarna yang menyerap cahaya. Pigmen utama yang ditemukan pada kloroplas adalah klorofil. Kloroplas juga mungkin mengandung pigmen berwarna kuning atau jingga, tetapi umumnya pigmen-pigmen tersebut tertutup oleh warna hijau klorofil seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Perbesaran dari lokasi fotosintesis pada tumbuhan. Daun merupakan organ utama fotosintesis pada tumbuhan. Gambar ini menunjukkan kepada Anda bagian dalam daun, sel, dan terakhir kloroplas, organel tempat fotosintesis terjadi (Campbell et al., 2010)

Keadaan atmosfer juga mempengaruhi intensitas radiasi matahari antara lain awan, karena dapat memantulkan cahaya sehingga dapat menurunkan intensitas radiasi matahari. Hal ini dapat dilihat pada tanaman padi. Padi musim kemarau umumnya mempunyai produktivitas lebih tinggi daripada padi musim penghujan. Di Bangladesh padi MK (Musim Kemarau) dan MH (Musim Hujan) masing-masing mempunyai produktivitas 4,56 ton GKG /ha dan 3,37 ton GKG/ha. Di Vietnam pada musim gugur dan musim semi masing-masing sebesar 3,80 ton GKG/ha dan 5,35 ton GKG/ha. Hasil kajian dalam PTT (Pengelolaan Tanaman Terpadu) oleh Krismawati (2011) di Madiun menunjukkan hasil GKG padi varietas Sidenuk yang ditanam pada MK dan MP masing-masing sebesar 9,5 ton/ha dan 8,75 ton/ha, karena intensitas radiasi matahari pada MK lebih besar daripada MH, sedangkan hasil rata-rata untuk Kabupaten Madiun sebesar 6,4 ton GKG/ha (Kompas, 29 Oktober 2012 hlm. 22). Menurut Irawan (2003), produktivitas potensial usahatani padi sawah menurut musim tanam disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Produktivitas potensial usahatani padi sawah di P. Jawa Tahun 1996 – 2003

Propinsi	Musim	Produktivitas potensial (t/ha)					rata-rata
		1996	1997	1998	1999	2000	
Jabar	Musim hujan	5,61	5,84	5,72	5,83	6,21	5,84
	Musim kemarau	5,75	5,84	5,74	5,86	6,35	5,91
Jateng	Musim hujan	5,54	5,58	5,67	5,66	5,91	5,67
	Musim kemarau	5,57	5,66	5,72	5,80	5,97	5,74
Jatim	Musim hujan	5,56	5,62	5,64	5,73	5,80	5,67
	Musim kemarau	5,57	5,66	5,62	5,78	6,39	5,80

Sumber: Irawan (2003)

Dari Tabel 2.1 terlihat produktivitas padi MK secara konsisten lebih tinggi daripada MP dan salah satu penyebabnya adalah intensitas radiasi pada MK lebih besar daripada MP

Tanaman *Sorghum bicolor* (Jawa: cantel) tergolong tanaman C₄ dengan kebutuhan intensitas radiasi matahari yang tinggi 1,0 – 1,4 cal cm⁻² min⁻¹, sehingga penanaman pada MK menghasilkan biji yang jauh lebih besar dibandingkan dengan MH seperti hasil percobaan di Lamongan pada tahun 1989 (Betidkk. 1990) yang disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hasil biji sorgum varietas UPCA-S2 di tanah aluvial, Lamongan

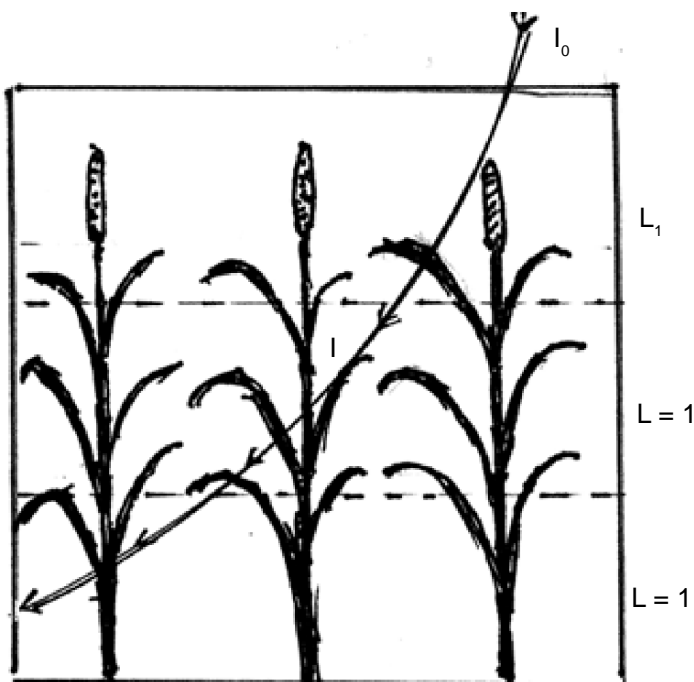
Populasi (ton/ha)	Jarak tanam (cm x cm)	Hasil biji (t/ha)	
		MH	MK
125.000	75 X 20	1,88	5,09
175.000	75 X 15	2,19	4,96
225.000	75 X 12	2,03	5,14

Sumber: Beti dkk. (1990)

Dari Tabel 2.2, terlihat produktivitas padi MK secara konsisten lebih tinggi daripada MH dan salah satu faktor penyebabnya adalah intensitas radiasi pada MK lebih besar daripada MH

2.1.3 Intersepsi Radiasi Matahari Dalam Kanopi

Agar tanaman dapat menghasilkan bahan kering (biomassa), maka daun tanaman harus dapat menangkap radiasi matahari dan menyerap CO₂. Keduanya merupakan bahan baku untuk proses fotosintesis. Karena itu ukuran daun dan periode kanopi menerima radiasi matahari selama pertumbuhan sangat menentukan laju akumulasi bahan kering. Luas permukaan yang mengintersepsi radiasi tergantung dari indeks luas daun atau leaf area index (L) yang di cerminkan oleh populasi tanaman per satuan luas, jumlah daun per tanaman dan luas daun rata-rata per tanaman. Banyaknya cahaya yang menembus kanopi tanaman dan mencapai permukaan tanah di bawah kanopi ditentukan oleh L dan pola susunan daun. Untuk menggambarkan pola distribusi radiasi dalam kanopi dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Pengurangan radiasi secara eksponensial pada kanopi tanaman jagung. Dalam contoh ini kanopi dibagi menjadi tiga lapisan dengan ILD yang homogen ($L=1$). Radiasi yang diterima dilapisan bawah setiap L dinyatakan sebagai $I/I_0 = e^{-kL}$, di mana k adalah koefisien pengurangan (pemadaman) dari spesies tanaman

Pada Gambar 2.4. tersebut diasumsikan adanya tiga lapisan kanopi yang masing-masing mempunyai indeks luas daun L sebesar 1 dan bila dilakukan pengukuran intensitas radiasi pada bagian bawah setiap lapisan, maka terdapat hubungan dengan persamaan Monsi-Saeki (*dalam* Azam-Ali, 2002) sebagai berikut:

$$I/I_0 = e^{-kL} \text{ dimana}$$

I_0 : Intensitas radiasi di atas kanopi tanaman

I : Intensitas radiasi di bawah lapisan dengan indeks luas daun $L=1$

K : koefisien pengurangan radiasi

L : Indeks luas daun ($ILD=LAI$)

Asumsi yang digunakan untuk persamaan tersebut yaitu kanopi merupakan medium yang homogen, di mana daun terdistribusi secara random, tidak ada pengaruh dari barisan atau rumpun tanaman terhadap penerusan radiasi dalam kanopi. Pada Tabel 3.1 disajikan koefisien pengurangan (k) untuk beberapa tanaman utama di dunia.

Tabel 2.3 Koefisien pengurangan radiasi k untuk beberapa tanaman utama*

Jenis Tanaman	K
Wheat (<i>Triticum aestivum</i>)	0,40 – 0,70
Padi	0,43 – 0,86
Jagung	0,56 – 0,78
Barley (<i>Hordeum vulgare</i>)	0,48 – 0,69
Sorghun	0,43 – 0,60
Millet (<i>Setaria italica</i>)	0,30 – 0,59
Singkong	0,58
Kedelai	0,45 – 0,96
Kacang tanah	0,40 – 0,66

Sumber: Azam-Ali (2002)

Pada tanaman semak yang daunnya agak tegak mempunyai $k = 0,3 - 0,5$, sedangkan yang daunnya agak mendatar $0,7 - 1,0$. Hubungan antara $\ln(I/I_0)$ terhadap L berupa garis regresi linier, makin kecil nilai $\ln(I/I_0)$, makin besar nilai L. Andai I_0 adalah radiasi di permukaan kanopi sebesar $1,2 \text{ cal cm}^{-2}\text{min}^{-1}$ dan I adalah radiasi di lapisan bawah maka :

$$I = I_0 e^{-kL}$$

bila $k = 0,65$, maka :

$$I = 1,2 (2,71828)^{-0,65(1)}$$

$$= 0,63 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$$

Tanaman dengan jarak tanam sempit, tipe daun tegak mempunyai k lebih rendah dibandingkan dengan tanaman yang daunnya lebih horizontal. Bila penerusan radiasi dalam kanopi sesuai dengan

persamaan Monsi – Saeki dan k diketahui, maka fraksi radiasi yang di intersepsi oleh tanaman dapat dihitung sebagai berikut:

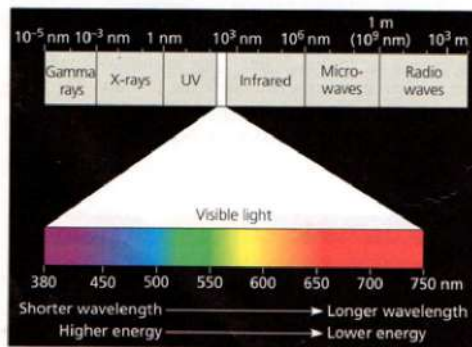
$$f = 1 - e^{-kL}$$

Radiasi yang jatuh pada tanaman akan mengalami proses pemantulan, diabsorpsi (diserap) dan diteruskan (transmisi). Radiasi yang diserap untuk proses fotosintesis dan menaikkan suhu kanopi sedang yang diteruskan melalui celah-celah daun ditangkap oleh daun-daun sebelah bawah. Radiasi yang diserap tanaman merupakan selisih dari radiasi yang ditangkap dan yang dipantulkan. Dari Gambar 3.1 di atas maka radiasi yang diserap adalah:

$$\begin{aligned} f &= 1 - (2,71828)^{-0,65(1)} \\ &= 0,48 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1} \end{aligned}$$

2.1.4 Kualitas Radiasi Matahari

Sinar matahari yang tampak oleh mata (visible light) yaitu yang dapat dilihat pada waktu cahaya matahari melalui suatu prisma atau butir-butir air di atmosfer pada waktu terjadi pelangi berupa cahaya merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu seperti terdapat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Spektrum elektromagnetik yang menampakkan cahaya sampai ungu. 1 nm

(nanometer) = $10^{-9}m = 10 \text{ A}^0$ ($\text{A}^0 = \text{Angstrom}$)

Cahaya yang tampak adalah cahaya dengan panjang gelombang 380-750nm disebut *PhotosinteticallyActive Radiation* (PAR) yang merupakan radiasi matahari yang paling efektif dalam proses fotosintesis dan utamanya pada panjang gelombang 400-500nm (ungu, hijau, biru) dan 600-750 nm (jingga hingga hijau). Panjang gelombang semakin pendek akan semakin rendah energinya. Tanaman yang kekurangan cahaya tampak yang berada pada daerah infra merah akan tumbuh memanjang (etiolasi), sedang yang berada pada daerah ultra violet, tanaman tumbuh kerdil. Setiap jenis tanaman memerlukan energi matahari dalam kuadran spectrum tertentu. Pada umumnya tanaman golongan C-3, terutama sub kelompok tanaman dataran tinggi mempunyai batas kejenuhan radiasi matahari yang rendah ($<0,6 \text{ kal cm}^{-2} \text{ menit}^{-1}$).

2.1.5 Fotoperiodisme

Fotoperiodisme adalah tanggap (respon) tanaman terhadap suatu fotoperiode, sedangkan fotoperiode sendiri adalah lamanya penyinaran pada siang hari. Fotoperiodisme sangat erat hubungannya dengan waktu berbunga (umur berbunga) suatu tanaman. Panjang hari adalah waktu pada matahari terbit sampai matahari terbenam, yaitu bila sisi atas matahari tampak atau hilang di kaki langit. Panjang hari atau lamanya penyinaran di daerah katulistiwa adalah 12,1 jam sepanjang tahun. Variasi panjang hari di daerah tropik lebih kecil bila dibandingkan dengan daerah sedang (subtropik). Di daerah tropik pada 20° LU atau LS berkisar dari 10,9 jam sampai 13,3 jam, sedang di daerah 50° LU atau LS berkisar dari 8,1 sampai 16,4 jam.

Bumi selain berputar pada porosnya, bergerak mengelilingi matahari. Tetapi yang terlihat sebaliknya yaitu matahari yang bergerak mengelilingi bumi. Pergerakan matahari mempunyai ritme sebagai berikut :

Untuk belahan bumi utara peredaran matahari dimulai pada 21 Desember sampai 21 Maret. Pada tanggal 21 Desember matahari ada di $23,5^\circ$ LS dan mulai tanggal tersebut harinya makin bertambah panjang, tetapi pada tanggal 21 Maret lamanya siang hari sama dengan

lamanya malam hari. Kemudian siang hari makin lama sampai 21 Juni. Mulai 21 Juni matahari bergerak kembali ke khatulistiwa, maka lamanya siang hari menjadi pendek. Pada tanggal 23 September siang hari dan malam hari lamanya menjadi sama. Pada tanggal 21 Desember siang hari terpendek dan malam hari terpanjang. Pada tanggal tersebut di Eropa barat siang hari hanya 8 jam, sedangkan malam hari 16 jam. Keadaan seperti ritme tersebut diatas akan terjadi pada belahan bumi selatan hanya saja mulainya pada tanggal 21 Juni ketika matahari ada di 23, 5° LU mulai 21 Juni hari bertambah panjang dan pada 23 September lamanya siang hari sama dengan malam hari. Mulai 23 September panjang hari bertambah dan pada 22 Desember belahan bumi selatan mempunyai panjang hari terlama, kemudian mulai 21 Desember siang hari berkurang dan 21 Maret siang hari sama dengan malam hari. Adanya pembagian daerah di bumi menjadi daerah tropik, subtropik (iklim sedang) dan daerah kutub disebabkan oleh adanya perbedaan lamanya siang dan malam hari. Hal ini menyebabkan waktu berbunga dipengaruhi oleh lamanya penyinaran, sehingga terjadi penggolongan tanaman menjadi tanaman hari panjang, hari pendek dan hari netral.

Tanaman yang berasal dari daerah subtropik bila di tanam di daerah khatulistiwa masih membutuhkan aklimatisasi (penyesuaian iklim) dan perlu adaptasi. Umumnya tanaman subtropik mempunyai produktivitas hasil yang lebih tinggi daripada tanaman di daerah tropik karena mendapat penyinaran yang lebih lama, sehingga proses fotosintesis lebih lama dan kehilangan hasil oleh respirasi lebih pendek. Pada suhu rendah laju respirasi lambat, akibatnya fotosintesis bersih juga lebih besar. Fotosintesis bersih (*net photosyntesis*) = fotosintesis – respirasi. Berdasarkan lamanya penyinaran yang dibutuhkan oleh tanaman, maka tanaman digolongkan menjadi tanaman hari panjang, hari pendek dan netral.

Tanaman Hari Panjang

Tanaman yang berbunga bila siang hari lebih panjang dari pada

periode kritisnya seperti jarak kepyar, garelum, barley, bit, bayam dan lobak.

Tanaman Hari Pendek

Tanaman yang berbunga pada panjang hari kurang dari periode kritisnya seperti padi, tembakau varietas maryland mammoth, rosela, kapas lahan kering, bunga matahari, tebu, kedelai, angrek, rami.

Tanaman Hari Netral

Tanaman yang berbunga tidak dipengaruhi oleh lamanya penyinaran matahari seperti jagung, tembakau, tomat, kacang hijau, mentimun, kapas, strawbery. Tanaman tropik umumnya tidak dipengaruhi panjang hari yaitu kurang lebih 12 jam (11 jam 40 menit-12 jam 33 menit)

Kegunaan Praktis Dari Fotoperiodisme

Bidang Pemuliaan:

Dapat mempercepat pembungaan sehingga waktu penyilangan tanaman tidak tergantung lama penyinaran. Tambahan atau pengurangan lamanya penyinaran dapat diatur dengan sinar lampu seperti untuk memperpendek lamanya penyinaran dapat diberi sinar lampu pada malam hari.

Bidang Agronomi:

Tanaman rosela adalah tanaman hari pendek. Tanaman ini adalah tanaman penghasil serat panjang yang digunakan untuk produksi karung goni (bahan kemasan). Pengembangan rosela di P. Jawa terletak di 6° LS - 9° LS, ditanam pada bulan Agustus-September agar selama pertumbuhan vegetatifnya jatuh pada hari yang panjang, sebaliknya untuk menghasilkan biji yang digunakan sebagai benih ditanam pada bulan Januari-Februari dan pada umur 2,5-3 bulan sudah mulai berbunga karena selama pertumbuhannya jatuh pada hari pendek.

2.1.6 Hujan

Jumlah dan distribusi curah hujan sangat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman. Setiap tanaman memerlukan air untuk pertumbuhan dan jumlahnya beragam tergantung dari jenis tanamannya, sehingga curah hujan dan distribusi hujan yang dibutuhkan oleh tanaman juga beragam, terutama bagi tanaman yang diusahakan pada lahan tadah hujan (*rainfed crop*). Kebutuhan air tanaman atau air yang dikonsumsi adalah air yang dikeluarkan atau diupkan oleh tanaman berupa evaporasi dan transpirasi yang jumlahnya beragam dari satu tanaman ke tanaman lain. Jumlah air yang dikonsumsi suatu tanaman semakin bertambah sejalan dengan fase pertumbuhan atau stadia tanaman. Banyaknya air yang dikonsumsi tanaman juga merupakan kebutuhan air tanaman atau air yang di evapotransporasikan tanaman atau air hujan efektif, atau curah hujan efektif sehingga bagi tanaman tadah hujan (*rain crops*) curah hujan aktual yang dibutuhkan harus lebih besar daripada curah hujan efektif karena hujan sebagian jatuh

Tabel 2.4 Kebutuhan air tanaman pada beberapa tanaman (Doorenbos et al., 1979)

Jenis Tanaman	Kebutuhan air tanaman (mm)
Jagung	500 – 800
Kedelai	450 – 700
Kacang tanah	500 – 700
<i>Sorghum</i>	300 – 500
Tebu	450 – 650
Padi*)	1500 – 2500
Kentang	450 – 700
Bawang putih	350 – 550
Melon	400 – 550
Kobis	400 – 600
Pisang	300 – 500
Jeruk	1200 – 2200
Anggur	900 – 1200
Kapas	500 – 1200
Tembakau	700 – 1300
Tomat	400 – 600

Keterangan : *) Khusus untuk padi pengairan yang dianjurkan yaitu pengairan bergilir atau berselang (intermittent irrigation). Keuntungan pada waktu pengeringan: a) menghambat akumulasi CO₂, H₂S, asam-asam organik, b) oksigen dalam tanah tersedia, mikroba yang bermanfaat melakukan aktivitas yang optimal, c) mengurangi jumlah anakan yang tidak produktif, menyeragamkan permasakan gabah dan mempercepat waktu panen serta membatasi tinggi tanaman, d) menghemat air 25-40% dan e) meningkatkan efisiensi N. Kekurangan: a) merangsang pertumbuhan gulma, b) memerlukan infrastruktur irigasi yang baik dan disiplin petugas dan petani dan c) meningkatkan kehilangan N karena denitrifikasi (Kasijadi, *dkk.*, 2012)

Sumber: Doorembos *et.al.* 1979

ke tajuk tanaman dan mengalir ke permukaan tanah. Pada Tabel 2.4. disajikan kebutuhan air bagi beberapa tanaman (air yang dievapotranspirasi atau air hujan efektif).

Pengetahuan dan pemanfaatan data hujan telah diterapkan oleh (Ikatan Petani Pengendalian Hama Terpadu Indonesia (IPPHTI). Organisasi ini telah mengikuti sekolah lapang PHT (SL-PHT) dan Sekolah Lapang Iklim (SLI) petani yang bernama Bas di Indramayu yang telah mengikuti SLI selama dua tahun sudah memiliki pengetahuan tentang hujan. Bila curah hujan telah mencapai 70 mm dan berlangsung tidak hanya sehari, maka lahan yang terletak di dataran rendah sepanjang pantai utara Indramayu akan kebanjiran. Dari informasi ini petani harus siap siaga antara lain segera dilakukan pembuangan air terkait dengan umur tanaman padi tertentu dan pembenahan saluran irigasi. Mereka sudah mulai dapat memrediksi tentang karakteristik hama padi dan tahu bahwa iklim (El-Nino - dan La-Nina). Juga berpengaruh terhadap peledakan hama wereng. Kearifan lokal juga sudah dipunyai antara lain harus waspada pada tanggal 5, 15, dan 25 (penanggalan Jawa) karena pada tanggal tersebut hama penggerek batang padi (putih dan kuning) akan muncul pada bulan purnama, karena itu kegiatan pengendalian hama dengan menggunakan pestisida seyogyanya dilakukan di sekitar tanggal itu.

2.1.7 Suhu

Seringkali orang mengabaikan peranan suhu dalam budidaya tanaman. Mereka masih beranggapan bahwa di daerah tropik suhu kurang atau tidak penting. Suhu udara tinggi terutama di malam hari dapat merugikan tanaman karena tanaman akan berespirasi cepat dan membakar hasil fotosintesis yang diperoleh pada siang hari. Tanaman yang sesuai untuk daerah bersuhu tinggi tidak berhasil di daerah bersuhu rendah. Pada tanaman kobis umumnya ditanam di dataran tinggi, tetapi sekarang sudah ditemukan varietas kobis yang sesuai untuk dataran rendah. Tanaman padi umumnya juga tanaman dataran rendah. Suhu udara dalam kanopi atau tajuk tanaman dapat berpengaruh terhadap laju fotosintesis dan respirasi serta proses metabolisme tanaman karena reaksi kimia atau enzimatik dipengaruhi oleh suhu. Suhu yang dibutuhkan oleh tanaman untuk proses kehidupannya berbeda-beda untuk setiap jenis tanaman. Pengaruh suhu tersebut mempunyai kisaran tertentu yang disebut sebagai suhu kardinal yang meliputi suhu minimum, optimum dan maksimum. Secara umum suhu optimum untuk fotosintesis sama dengan suhu siang hari ditempat tanaman tersebut biasa hidup. Disamping suhu udara tak kalah pentingnya adalah suhu tanah karena suhu tanah berpengaruh terhadap serapan air dan unsur hara, kehidupan jasad serta reaksi kimia yang terjadi dalam tanah. Umumnya suhu rendah juga berpengaruh terhadap perkecambahan biji atau benih yang ditanam.

Tanaman dataran rendah yang suhu hariannya tinggi bila ditanam di dataran tinggi akan terjadi kelambatan pertumbuhan. Sebagai contoh yaitu tanaman kapas di Indonesia tumbuh baik pada ketinggian 0-260 m di atas permukaan laut. Bila ditanam di dataran tinggi pertumbuhan lebih lambat karena terjadi perbedaan suhu dimana jumlah panas yang dikonsumsi tanaman berkurang untuk kelangsungan hidupnya. Dengan metode jumlah panas dapat ditentukan lama atau selang waktu di masing-masing stadia perkembangan tanaman. Suhu basa untuk setiap tanaman berbeda-beda. Untuk jagung 10°C, jeruk 12, 8°C dan kapas bervariasi tergantung pada varietas, lokasi dan tahun penanam. Suhu basa kapas ada yabf 10, 12, 12, 14, dan 15,8°C (mahon dan

Low, 1972; Mauney dan Stewart, 1986) Suhu basal tanaman yaitu suhu udara terendah di mana suatu jenis tanaman mulai dorman atau suhu tertinggi di mana tanaman masih doorman (Usman dan Warkoyo 1993). Jumlah satuan panas dapat digunakan untuk menghitung lamanya fase pertumbuhan kapas. Bila disuatu wilayah penanaman kapas suhu maksimum harian 30°C, suhu minimum 26°C dan suhu basal 12°C maka satuan panasnya = $(32^{\circ}\text{C} + 26^{\circ}\text{C})/2 - 12 = 16$ derajat panas (*degree day*). Apabila dari tanaman sampai dengan berbuah tanaman pertama mereka membutuhkan jumlah satuan panas = 1600, maka lamanya periode dari tanaman sampai dengan buah pertama mereka = $1600/16 = 100$ hari

Pada Tabel 2.5 disajikan jumlah satuan panas untuk setiap fase pertumbuhan tanaman kapas.

Tabel 2.5 Perkembangan tanaman kapas menurut satuan panas di Indonesia

No.	Fase Tanaman	Satuan Panas
1	Tanam-kuncup bunga pertama	0 – 450
2	Kuncup bunga pertama-bunga pertama	450 – 850
3	Pembungaan	850 – 1250
4	Puncak pembungaan-buah pertama mereka	1250 – 1600
5	Buah pertama mereka-mulai panen	1600 – 2000

*Sumber panas dihitung dari: $[(\text{suhu maksimum} - \text{suhu minimum})/2] - 12$

Sumber: Keefer dan Riajaya (1989) dalam Riajaya (2002)

Tanaman kedelai suhu lingkungan optimal untuk pembentukan bunga yaitu 24-25°C. Bila suhu lingkungan sekitar 40°C pada fase pembungaan, bunga akan gugur. Pada suhu 10°C dapat menghambat proses pembungaan dan pembentukan polong (Adisarwanto 2005).

Pada tanaman kakao (coklat) memerlukan suhu optimal untuk berbunga. Bila suhu turun dibawah 25°C, proses pembungaan akan terhambat, karena pada suhu rendah dapat menghambat proses pembentukan kuncup bunga, sebaliknya bila suhu terlalu tinggi juga menghambat pembungaan karena kerusakan hormon yang memacu diferensiasi sel dan pembungaan (Prawato dan Winarsih, 2010).

2.1.8 Kelembaban Udara

Kelembaban udara adalah banyaknya uap air di udara dan merupakan komponen penting dari cuaca dan iklim dan umumnya dirupakan dalam nilai kelembaban relatif ($RH = \text{Relative Humidity}$). Kelembaban relatif adalah perbandingan atau rasio atau nisbah antara kandungan/tekanan uap air aktual dengan keadaan jenuhnya atau pada kapasitas udara untuk menampung uap air. Kelembaban udara sangat erat hubungannya dengan suhu udara dan dapat diukur dengan psikrometer atau hygrometer. Kelembaban relatif berubah sesuai dengan tempat dan waktu. Menjelang tengah hari kelembaban relatif berangsur-angsur turun kemudian pada sore hari sampai menjelang pagi bertambah besar. Kelembaban udara secara langsung memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta tingkat serangan OPT. Kelembaban udara menjadi tinggi dan suhu rendah bila radiasi yang menyinari daerah tersebut rendah dan sebaliknya. Pada kelembaban tinggi dapat menimbulkan penyakit dan busuk buah, sedangkan kelembaban rendah dengan suhu tinggi dapat menyulitkan ketersediaan air. Bila curah hujan tinggi selama 3–6 hari berturut-turut akan menyebabkan kelembaban udara tinggi dan muncul cendawan *Phytophthora palmivora* yang menyerang buah kakao sehingga buah menjadi busuk. Tanaman membutuhkan kelembaban optimal untuk pertumbuhannya seperti tanaman kapas membutuhkan RH 70%, kapok randu 50-60%, (rami, penghasil serat tekstil dari kulit batang) 75-80%, abaka atau pisang serat 78-88%, dan jambu mente 60-70%, sagu 60% dan kelapa sawit 80%.

2.2 Tanah

2.2.1 Tanah Sebagai Media Tumbuh Tanaman

Tanah adalah medium tumbuh bagi tanaman dan tempat akar menyerap (mengabsorpsi) unsur hara. Dalam bidang pertanian tanah adalah alat produksi untuk menghasilkan hasil-hasil pertanian. Sebagai alat produksi pertanian, tanah berperan sebagai: 1. Tempat tegak tanaman, 2. Tempat penyediaan unsur-unsur makanan (nutrisi) tanaman,

3. Gudang air bagi tanaman dan 4. Tempat menyediakan udara bagi pernafasan (respirasi) akar tanaman. Lebih lanjut dapat didefinisikan: Tanah adalah benda alam yang menempati lapisan teratas dari kulit bumi, merupakan medium pertumbuhan tanaman, yang tersusun dari bahan-bahan mineral dan bahan organik, mempunyai sifat-sifat khusus yang terbentuk oleh gabungan faktor: iklim, bahan induk, bentuk wilayah, organisme hidup dan waktu lamanya terbentuk. Karena itu tanah bukan merupakan timbunan bahan padat dan bahan organik yang bukan merupakan sistem yang statis atau mati, melainkan suatu sistem dinamis yang selalu berubah dari waktu ke waktu.

Dalam praktek sehari-hari yang dijumpai adalah tanah-tanah berpasir, tanah-tanah liat dan tanah-tanah lempung.

a. Tanah-tanah pasir

Umumnya kandungan fraksi pasir sekitar 70% sifat tanah ini longgar, porous atau sarang dan mudah meresapkan air. Butiran-butirannya lepas, aerasi (tata udara) baik, pengolahan tanah ringan. Tanah ini umumnya kurus, fraksi pasir sebagian besar tersusun dari kwarsa. Tanah-tanah pasir dari bahan vulkanis lebih subur, kaya cadangan mineral

b. Tanah-tanah liat

Kandungan fraksi liat sekurang-kurangnya 35%, pada tanah liat berat fraksi liatnya lebih dari 70%. Sifat tanah padat, pejal atau tanpa struktur dan lambat meresapkan air. Aerasi jelek dan pengolahan tanah berat. Secara alamiah kesuburan tanah umumnya baik, apalagi jika struktur tanah dan aerasi diperbaiki misalnya dengan diberi pupuk organik atau kompos. Pada tanah liat berat sering pada waktu hujan sangat becek/lengket, sedang pada musim kemarau pecah-pecah, bergumpal keras.

c. Tanah-tanah lempung

Tanah-tanah semacam ini mempunyai kandungan fraksi pasir, debu dan liat bervariasi, yang ideal yaitu bila kandungan ketiga fraksi tersebut mendekati seimbang. Sifat-sifat fisika tanah-tanah lempung umumnya terletak diantara sifat-sifat tanah pasir dan liat.

Mengingat tanah merupakan media bagi perakaran tanaman, maka dalam agronomi diusahakan agar tanah dalam kondisi yang optimal bagi pertumbuhan dan perkembangan akar. Untuk mengoptimalkan diperlukan usaha-usaha seperti: membuat struktur tanah gembur (remah = crumb) agar terjadi keseimbangan antara air dan udara yang baik atau agar tata udara (aerasi tanah) bagus dengan jalan mengolah tanah dan pemberian bahan organik tanah. Fungsi bahan organik tanah yaitu: 1. Menjaga kelembaban tanah, 2. Menawarkan sifat racun dari Al dan Fe, 3. Menyangga (Buffering) hara tanah, 4. Membantu dalam meningkatkan pengadaan hara, 5. Menstabilkan suhu tanah, 6. Memperbaiki aktivitas mikro organisme tanah, 7. Memperbaiki struktur tanah, 8. Meningkatkan efisiensi pemupukan dan, 9. Mengurangi terjadinya erosi.

Dalam agronomi, antara faktor iklim dan tanah, maka faktor iklim sulit untuk dikendalikan karena sifatnya sudah agak konsisten kecuali iklim mikro tanaman sedangkan faktor tanah dapat dikendalikan atau dapat diperbaiki antara lain dengan pemberian pupuk anorganik, bahan organik, pupuk organik, kompos, biochar dan cara-cara pengolahan tanah. Dengan kata lain faktor iklim lebih dominan dalam mempengaruhi hasil tanaman di bandingkan dengan faktor tanah.

Untuk menilai kesuburan secara pasti yaitu dengan analisis kimia tanah. Standar penilaian kesuburan tanah telah dibuat oleh Pusat Penelitian Tanah Dan Agroklimat, Bogor seperti tercantum pada Tabel 2.6.

Dari Tabel tersebut tercantum sifat tanah berupa susunan kation. Susunan kation ini merupakan pencerminan dari kapasitas tukar kation (*Cation Exchange Capacity*) yaitu banyaknya kation (dalam miliekivalen) yang dapat dijerap oleh tanah persatuan berat tanah biasanya per 100 gram (Hardjowigeno, 2003). Semenjak tahun 1987 satuan me/100g diganti dengan c mol (+) / kg, sehingga:

$$1 \text{ me}/100\text{g tanah} = 1 \text{ c mol (+)}/\text{kg tanah}$$

Tabel 2.6 Kriteria penilaian sifat kimia tanah

Sifat Tanah	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
C (%)	< 1,00	1,00–2,00	2,01–3,00	3,01–5,00	> 5,00
N (%)	< 0,10	0,10–0,20	0,21–0,50	0,15–0,75	> 0,75
C/N	< 5	5–10	11–15	16–25	> 25
P ₂ O ₅ HCL(mg/100g)	<10	10–20	21–40	41–60	> 60
P ₂ O ₅ Bray 1(ppm)	<10	10–15	16–25	26–35	> 35
P ₂ O ₅ Olsen(ppm)	< 10	10–25	26–45	46–60	> 60
K ₂ O HCL 25%(mg/100g)	< 10	10–20	21–40	41–60	> 60
KTK(cmol (+)/kg)	< 5	5–16	17-24	25–40	> 40
Susunan kation:					
K (cmol (+)/kg)	< 0.1	0,1–0,2	0,3–0,5	0,6–1,0	> 1,0
Na (cmol (+)/kg)	< 0,1	0,1–0,3	0,4–0,7	0,8–1,0	> 1,0
Mg (cmol (+)/kg)	< 0,4	0,4–1,0	1,1–2,0	2,1–8,0	> 8,0
Ca (cmol (+)/kg)	< 2	2– 5	6–10	11–20	> 20
Kejenuhan Basa (%)	< 20	20–35	36–50	51–70	> 70
Kejenuhan Aluminium (%)	< 10	10–20	21–30	31–60	> 60
Sangat masam	Masam	Agak masam	Netral	Agak Alkalis	Alkalis
pHH ₂ O <4,5	4,5-5,5	5,6-6,5	6,6-7,5	7,6-8,5	>8,5

Keterangan :Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah tersebut merupakan Evaluasi Kesuburan lahan (Puslitanak, 1983)

Sumber: Puslittanah (1983)

Definisi lain dari KTK atau NTK (Nilai Tukar Kation) yaitu :

- Suatu kemampuan koloid tanah dalam menjerap dan mempertukarkan kation (Hakim *dkk.*, 1986).
- Merupakan ukuran kemampuan tanah untuk menahan dan menyediakan kation unsur hara (Tim Penyusun Kamus PS 2013).
- Total kation yang dapat dipertukarkan dan yang dapat dijerap oleh suatu tanah dan dinyatakan dalam mili ekuivalen / 100 gram tanah (Harpsteart dan Hole, 1980).

Selain KTK juga dicantumkan kejenuhan basa yaitu KB sebagai berikut:

$$KB = \frac{\text{Jumlah Kation Basa}}{\text{KTK}} \times 100\%$$

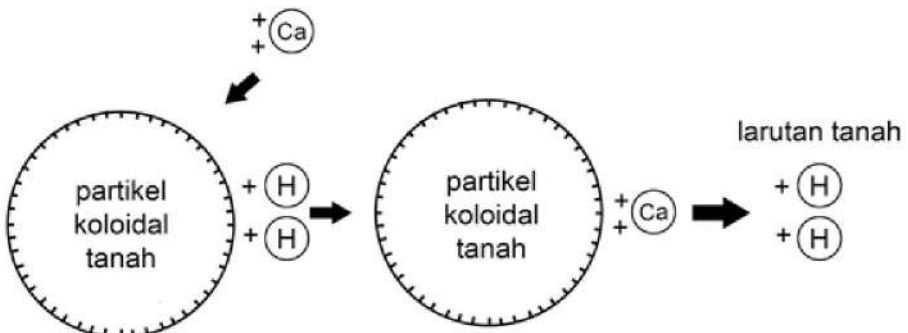
Satuan mili ekivalen dapat diubah menjadi satuan berat dan satuan me/100g tanah dapat diubah menjadi ppm (part per million = seperjuta = 1g/1kg). Pada Tabel 2.7 disajikan berbagai satuan me untuk berbagai kation pada misel tanah.

Tabel 2.7 Berat mili ekivalen berbagai kation

Ion	BA(Berat Atom)	Berat Ekivalen (BA / valensi) (g)	Berat Miliekiivalen me/100g tanah
H ⁺	1,00	1,00/valensi 1 = 1,00	1,00
Ca ⁺⁺	40,08	40,08/evalensi 2 = 20,04	20,04
Mg ⁺⁺	24,32	24,32/ivalensi 2 =12,16	12,16
K ⁺	39,10	39,10/valensi 1 = 39,10	39,10
NH ₄ ⁺	18,02	18,02/valensi 1 = 18,02	18,02
Na ⁺	22,99	22,99/valensi 1 = 22,99	22,99

Penjelasan Tabel diatas sebagai berikut :

Banyaknya kation yang dapat dipertukarkan dinyatakan dalam istilah berat ekivalen kation per 100 g tanah, di mana berat ekivalen adalah berat atom dibagi dengan velensi. Berat ekivalen bervariasi tergantung dari berat atom dan valensi yang kesemuanya diperbandingkan terhadap hitrogen, di mana berat ekivalen H sama dengan berat 1 g/ ekivelen. Pada Gambar 2.6 disajikan pengertian tentang satuan miliekiivalen



Gambar 2.6 Pertukaran kation H⁺ dan Co⁺⁺

Semula partikel koloidal tanah (misel) mengikat dua atom H yaitu $H^+ + H^+$. Di larutan tanah terdapat ion Ca^{++} yang mempunyai dua muatan positif dan dapat mengganti dua ion H^+ . Untuk mengganti 1 mg H diperlukan 40/2 atau 20 mg Ca. Nilai 20 mg ini dinamakan berat 1 miliekivelen Ca atau 1 miliekiveln Ca mempunyai berat 20 mg. Andaikata partikel koloid tsnsh mempuntai KTK 20 me/100 g tanah djenuhi ion Ca, maka tanah seluas satu hektar, kedalaman 20 dan berat jenis tanah sama dengan 1, maka banyaknya Ca yang dapat dijerap tanah dapat dhitng sebagai berikut:

Tanah seluas 1 ha. (100 m x 100 m x 0,2 m) mempunyai volume $100\text{ m} \times 100\text{ m} \times 0,2\text{ m} = 2000\text{ m}^3 = 2 \times 10^6\text{ dm}^3 = 2 \times 10^6\text{ kg}$.

Kandungan Ca untuk 1 ha

$$\frac{20\text{ me}}{100\text{ g tanah}} = \frac{20 \times 20\text{ mg Ca}}{100\text{ g tanah}} = \frac{400\text{ mg Ca}}{100\text{ g tanah}} = \frac{0,4\text{ g Ca}}{100\text{ g tanah}}$$

1 ha. tanah mempunyai berat 2×10^6 mengandung Ca:

$$2 \times 10^6\text{ kg} \times \frac{0,4\text{ g}}{100\text{ g}} = 2 \times 10^6 \times 10^3 \times \frac{0,4\text{ g}}{10^2} = 2 \times 10^6 \times 4\text{ g Ca} = 2 \times 10^3 \times 4\text{ kg Ca} = 8000\text{ kg Ca} = 8\text{ ton Ca}.$$

- 1 me Ca^{++} = 20,04 mg/100 g tanah sehingga dalam 1 kg tanah mengandung $1000/100 \times 20,04\text{ mg Ca} = 200,4\text{ mg Ca}$. Untuk lahan seluas 1 ha mengandung : $2 \times 10^6 \times 200,4\text{ mg Ca} = 2 \times 200,4\text{ kg Ca} = 400,8\text{ kg Ca}$.
- PKB (persen kejenuhan basa) adalah % basa yang menempati kompleks adsorpsi. Nilai PKB = 80% artinya $80/100 = 4/5$ seluruh kapasitas tukar kation tanah di tempati oleh basa, yang 20% atau $1/5$ di tempati oleh ion H.

Berbagai perhitungan me disajikan sebagai berikut :

1. Dengan asumsi kedalaman (tebal) lapisan olah tanah 15 cm, berat jenis tanah 1,176 bobot tanah $100\text{ m} \times 100\text{ m} \times 0,15\text{ m} \times$

$1,176 = 1764 \text{ m}^3 = 1764 \times 10^3 \text{ dm}^3 = 1,764 \times 10^6 \text{ kg}$ berarti 1 ha mempunyai bobot $1,764 \times 10^6 \text{ kg}$:

- Hitunglah jumlah ion K yang dapat dipertukarkan dalam kg yang ekuivalen dengan 1 me K/100 g tanah, untuk luas 1 ha.
- Nyatakan dalam ppm K

Jawaban :

- Diketahui 1 me K = 39,10 mg ekuivalen/ 100 g tanah, 1 ha mempunyai bobot $1,764 \times 10^6 \text{ kg}$, 1 me K mempunyai 39,10 mg ekuivalen/100 g tanah atau 391 mg/ 1 kg tanah. Jadi 1 ha tanah mengandung $1,764 \times 10^6 \times 391 \text{ mg K} = 1.764 \times 10^6 \times 391 \text{ kg K} / 10^6 = 1,764 \times 391 \text{ kg K} = 690 \text{ kg K}$
- ppm K atau konsentrasi K_{dd} (K yang dapat dipertukarkan)

$$\frac{690 \text{ kg K/ha}}{1,764 \times 10^6 \text{ kg tanah/ha}} = \frac{690 \text{ kg K}}{1,764} \times \frac{1}{10^6 \text{ kg tanah/ha}}$$

$$\frac{391 \text{ kg K}}{10^6 \text{ kg tanah}} = \frac{391 \text{ kg K}}{1.000.000 \text{ kg tanah}}$$

$$1 \text{ ppm} = \frac{1 \text{ kg K}}{1.000.000 \text{ kg tanah (ha)}}$$

$$\text{Jadi } 690 \text{ kg } \frac{\text{K}}{\text{ha}} \text{ sama dengan } \frac{391 \text{ kg K}}{1.000.000 \text{ kg}} = 391 \text{ ppm}$$

- Diketahui tanah mempunyai KTK = 15 me/100 g tanah. Tanah ini mempunyai KTK yang dijenuhi K_{dd} sebesar 5%
 - Berapa mg K⁺ untuk 100 g tanah
 - Berapa kg K untuk tanah seluas 1 ha
 - Berapa konsentrasi K_{dd}

Jawaban :

- 15 me /100 g tanah x 5% kepenuhan K

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \text{ me K}/100 \text{ g tanah}; 1 \text{ me K} = 39,1 \text{ mg K} \\
 &= 0,75 \text{ me K}/100 \text{ g tanah} \times 39,1 \text{ mg/K} \\
 &= 29,3 \text{ me K}/100 \text{ g tanah}
 \end{aligned}$$

- b. 1 ha tanah mempunyai bobot $1,764 \times 10^6$ kg dan mengandung

$$\begin{aligned}
 &= 1,764 \times 10^6 \times 10^3 \times \frac{29,3 \text{ mg K}}{100 \text{ g tanah}} \\
 &= 51,6852 \times 10^6 \times 10^3 \times \frac{1}{100 \text{ g tanah}} \\
 &= 51,6852 \times 10^7 \text{ mg K} \\
 &= 516,852 \text{ kg K} \\
 &= 517 \text{ kg K}
 \end{aligned}$$

c.

$$\begin{aligned}
 \frac{293 \text{ mg K}}{100 \text{ g tanah}} &= \frac{29,3 \text{ mg K}}{1000.000 \text{ mg tanah}} = \frac{10 \times 29,3 \text{ mg K}}{10 \times 100.000 \text{ mg tanah}} \\
 &= \frac{293 \text{ mg K}}{10^6 \text{ mg tanah}} \\
 &= 293 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

3. Dari analisis tanah diketahui :

$$\begin{array}{ll}
 \text{Ca}^{++} &= 15 \text{ me} & \text{Na}^+ &= 0,2 \text{ me} \\
 \text{K}^+ &= 0,5 \text{ me} & \text{NH}_4^+ &= 0,1 \text{ me} \\
 \text{Mg}^{++} &= 15 \text{ me} & \text{KTK} &= 20 \text{ me}/100 \text{ g tanah}
 \end{array}$$

Hitunglah :

- Kejenuhan Basa (KB)
- Hitung me untuk H^+
- Hitung % Ca^{++} ; K^+ ; Mg^{++} ; Na^+ ; NH_4^+

Jawaban :

a. Jumlah basa = (15+0,5+1,5+0,2+0,1) me = 17,3 me basa

$$KB = \frac{17,3 \text{ me basa}/100 \text{ g tanah}}{20 \text{ me KTK}/100 \text{ g tanah}} \times 100\% = \frac{17,3}{20} \times 100\%$$

b. Persen masing-masing kation dapat diketahui dari pengurangan me H⁺ = me total –(me ca⁺⁺ + me K⁺ + me Mg⁺ + me Na⁺ + me NH⁺)

$$= 20 \text{ me KTK} - \text{me total basa}$$

$$= 20 \text{ me} - 17,3 \text{ me} = 2,7 \text{ me}$$

$$\%H = \frac{2,7 \text{ me H}/100 \text{ g tanah}}{20 \text{ me KTK}/100 \text{ g tanah}} \times 100\% = 13,5\%$$

c. % kejenuhan ca⁺⁺ = $\frac{15 \text{ me}}{20 \text{ me}} \times 100\% = 75\%$

$$K^+ = \frac{0,5 \text{ me}}{20 \text{ me}} \times 100\% = 2,5\%$$

$$Mg^{++} = \frac{1,5 \text{ me}}{20 \text{ me}} \times 100\% = 7,5\%$$

$$Ng^+ = \frac{0,2 \text{ me}}{20 \text{ me}} \times 100\% = 1,0\%$$

$$NH^+ = \frac{0,1 \text{ me}}{20 \text{ me}} \times 100\% = 0,5\%$$

$$\text{Total} = 86,5\%$$

4. Diketahui KTK = 15 me/100g tanah dengan kejenuhan K 5%(K_{dd})

Hitunglah : a) berapa mg K⁺ untuk 100g tanah

b) berapa kg K untuk 1 ha

c) berapa ppm K

Jawaban:

a. KTK = 15 me/100g tanah ; kejenuhan K⁺ = 15%

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya K} &= 5\% \times 15\text{me} = 0,75 \text{ me IC/100 g tanah} \\ 1 \text{ me K} &= 39,11 \text{ mg/100g} \\ \text{Banyaknya K} &= 0,75 \times 39,11 \text{ mg/100g} \\ &= 29,3 \text{ mg K/100 g tanah} \end{aligned}$$

b. Dalam 1 ha mengandung

$$1,764 \times 10^6 \times 10^3 \times \frac{29,3 \text{ mg K}}{100 \text{ g tanah}} = 517 \text{ kg K}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } 29,3 \text{ mg K/100 g tanah} &= \frac{29,3 \text{ mg K}}{100.000 \text{ mg tanah}} \\ &= \frac{10 \times 29,3 \text{ mg}}{10 \times 100.000 \text{ mg tanah}} = 293 \text{ ppm K} \end{aligned}$$

5. Diketahui sifat-sifat tanah sebagai berikut

Tekstur	KTK	Penambahan kg/ha	%KB
Lempung liat berdebu (<i>silty clay loam</i>)	26,0	180 K ⁺	a
Lempung berdebu (<i>silt loam</i>)	16,1	100 N	b
Pasir berlempung (<i>loamy sand</i>)	6,9	50 Mg ⁺	c
Liat (<i>clay</i>)	33,3	200 N	d
Pasir (<i>sand</i>)	2,8	800 Ca ⁺	e

Jawaban:

a. Diberi 180 kg K/ha

$$\begin{aligned} \frac{180 \text{ kg K}}{1,764 \times 10^6 \text{ kg tanah}} &= \frac{180.000 \text{ g K}}{1,764 \times 10^6 \times 10^3 \text{ g tanah}} \\ &= \frac{180.000 \text{ g K}}{1764 \times 10^6 \text{ g}} \\ &= \frac{18 \times 10^4 \times 10^3 \text{ mg K}}{1764 \times 10^4 \text{ g}} \times \frac{1}{100 \text{ g tanah}} \\ &= \frac{18 \times 10^3 \text{ mg K}}{1764} \times \frac{1}{100 \text{ g tanah}} \\ &= 10,20 \text{ mg K /100 g tanah} \end{aligned}$$

$$1 \text{ me K} = 39,10 \text{ mg ekivalen, maka } 10,20 \text{ mg K} = \frac{10,2}{39,1}$$

$$\text{me K} = 0,26 \text{ me K}$$

$$\text{Kejenuhan K} = \frac{0,26 \text{ me}}{\text{KTK}} = \frac{0,26 \text{ me}}{26 \text{ me}} = \frac{0,26}{26} \times 100\% = 1\%$$

b. Diberi 100 kg NH_4^+

$$\frac{100 \text{ kg } \text{NH}_4^+}{1,764 \times 10^6 \text{ kg tanah}} \rightarrow \frac{100 \times 10^3 \text{ g } \text{NH}_4^+}{1,764 \times 10^6 \text{ kg tanah}} \rightarrow$$

$$\frac{10^5 \text{ g } \text{NH}_4^+}{1,764 \times 10^7 \text{ kg tanah}} \rightarrow \frac{10^5 \times 10^3 \text{ mg } \text{NH}_4^+}{1,764 \times 10^7} \times \frac{1}{100 \text{ g tanah}} \rightarrow$$

$$\frac{10 \text{ mg } \text{NH}_4^+}{1,764} \times \frac{1}{100 \text{ g tanah}} \rightarrow \frac{5,67 \text{ mg } \text{NH}_4^+}{100 \text{ g tanah}}$$

Diketahui 1 me NH_4^+ = 18,02 mg ekivalen / 100 g tanah

$$\text{sehingga } 5,67 \text{ mg } \text{NH}_4^+ / 100 \text{ g tanah} = \frac{5,67}{18,02}$$

$$\text{me} = 0,31 \text{ me } \text{NH}_4^+$$

$$\text{jadi kejenuhan } \text{NH}_4^+ = \frac{0,31}{16,1} \times 100\% = 1,93\%$$

c. Diberi 50 kg Mg^{++}/ha

$$\frac{100 \text{ kg Mg}}{1,764 \times 10^6 \text{ kg tanah}} \rightarrow \frac{50 \times 10^3 \text{ g Mg}}{1,764 \times 10^6 \times 10^3 \text{ g tanah}} \rightarrow$$

$$\frac{5 \times 10^4 \text{ g Mg}}{1,764 \times 10^9 \text{ g tanah}} \times \frac{1}{100 \text{ g tanah}} \rightarrow$$

$$\frac{5 \times 10^4 \times 10^3 \text{ g Mg}}{1,764 \times 10^7} \times \frac{1}{100 \text{ g tanah}} \rightarrow 2,83 \text{ mg}/100 \text{ g tanah}$$

Diketahui 1 me Mg = 12,16 mg ekivalen

$$\text{sehingga } 2,83 \text{ mg Mg}/100 \text{ g tanah} = \frac{2,83}{12,16} \text{ me} = 0,23 \text{ meMg}$$

$$\text{jadi kejenuhan Mg} = \frac{0,23}{6,9} \times 100\% = 3,33\%$$

d. Diberi 200 kg NH_4^+

$$\frac{200 \text{ kg } \text{NH}_4^+}{1,764 \times 10^6 \text{ kg tanah}} \rightarrow \frac{200 \times 10^3 \text{ g } \text{NH}_4^+}{1,764 \times 10^9 \text{ kg tanah}}$$

$$\rightarrow \frac{2 \times 10^5 \text{ g } \text{NH}_4^+}{1,764 \times 10^7} \times \frac{1}{100 \text{ g tanah}}$$

$$\rightarrow \frac{2 \times 10^5 \times 10^3 \text{ mg } \text{NH}_4^+}{1,764 \times 10^7} \times \frac{1}{100 \text{ g tanah}}$$

$$\rightarrow \frac{2 \times 10^8 \text{ mg } \text{NH}_4^+}{1,764 \times 10^3} \times \frac{1}{100 \text{ g tanah}}$$

$$\rightarrow \frac{11,34 \text{ mg } \text{NH}_4^+}{100 \text{ g tanah}}$$

Diketahui 1 me NH_4^+ = 18,02 mg ekuivalen

$$\text{jadi kejenuhan } \text{NH}_4^+ = \frac{11,34}{18,02} = 63\%$$

e. Diberi 800 kg Ca^{++}

$$\frac{800 \text{ kg Ca}}{1,764 \times 10^6 \text{ kg tanah}} \rightarrow \frac{800 \times 10^6 \text{ g Ca}}{1,764 \times 10^9 \text{ g tanah}}$$

$$\rightarrow \frac{800 \times 10^6 \text{ g Ca}}{1,764 \times 10^7} \times \frac{1}{100 \text{ g tanah}}$$

$$\rightarrow \frac{80 \times 10^7 \text{ g Ca}}{1,764 \times 10} \times \frac{1}{100 \text{ g tanah}}$$

$$\rightarrow \frac{80 \text{ mg Ca}}{1,764} \times \frac{1}{100 \text{ g tanah}}$$

$$\rightarrow 45,35 \text{ mg Ca}/100 \text{ g tanah}$$

Diketahui 1 me Ca = 20,04 mg ekuivalen

$$\text{sehingga } 45,35 \text{ mg } \frac{\text{C}}{100} \text{ g tanah setara dengan } \frac{45,35}{20,04} \text{ me}$$

$$\rightarrow 2,26 \text{ meCa}$$

$$\text{jadi kejenuhan Ca} = \frac{2,26}{2,80} \times 100\% = 81\%$$

Dua sifat kimia tanah yang utama bagi kesuburan tanah adalah KTK dan PKB. Bila dua sifat kimia tanah tersebut mempunyai nilai tinggi, menandakan tanah mempunyai tingkat kesuburan yang tinggi pula karena dapat menyerap dan menyediakan unsur hara bagi tanaman. Sebaliknya bila kedua sifat kimia tersebut rendah menandakan kesuburan tanah juga rendah. Tanah dengan KB yang tinggi berarti tanah tersebut belum banyak mengalami pencucian (pelindihan, *leaching*) dan mempunyai nilai pH yang tinggi.

2.2.2 Bahan Organik Tanah

Salah satu ciri atau sifat tanah yang subur yaitu bila kandungan bahan organik tanah > 4,3% (Cottenie, 1980). Terdapat beberapa definisi tentang bahan organik tanah:

- a. Bahan organik tanah meliputi material organik yang ada dalam tanah sesuai dengan asal atau stadia dekomposisinya. Dengan demikian mencakup residu (sisa) tanaman dan hewan, baik yang masih segar maupun yang mengalami proses dekomposisi seperti dekomposisi flora, fauna dan mikrobial. Sehubungan dengan keadaan ini maka bahan organik tanah sangat beragam, tergantung dari tipe vegetasi, macam dan populasi mikroba, aerasi tanah, kondisi iklim dan pengolahan lahan yang kesemua-

nya mempengaruhi macam dan jumlah sumber bahan organik dalam tanah. Dengan demikian bahan organik tanah merupakan suatu produk dari lingkungannya (Arnon, 1972).

- b. Bahan organik tanah merupakan hasil dekomposisi (pelapukan/perombakan) sisa tanaman/tumbuh-tumbuhan atau binatang yang bercampur dengan bahan mineral tanah, umumnya terjadi secara alami. Kadar bahan organik dalam tanah dapat berkurang karena erosi, oksidasi atau perombakan oleh jasad mikroba tanah (Suhardjo, *dkk.* 1993).
- c. Bahan organik tanah terbentuk dari jasad hidup tanah yang terdiri atas flora dan fauna perakaran tanaman yang hidup dan mati yang sebagian terdekomposisi dan mengalami modifikasi serta hasil sintesis baru yang berasal dari tanaman dan hewan. Bahan tanaman yang berdiameter >2cm atau vertebrata tidak termasuk dalam bahan organik tanah. Produk akhir dari dekomposisi bahan organik adalah humus (Sutanto, 2005).

Bahan organik segar yang ditanamkan ke dalam tanah bila tanah baik segera di dekomposisi oleh mikroorganisme tanah. Komposisi senyawa organik dalam bahan organik segar yaitu :

Karbohidrat dan lemak	32 – 92%
Rignina	10 – 30%
Protein	1 – 15%
Mineral	Sedikit

Karbohidrat : gula, tepung dan semacamnya sekulosa (bahan serabut tanaman) dan hemiselulosa.

Lemak : sebangsa minyak, lilin.

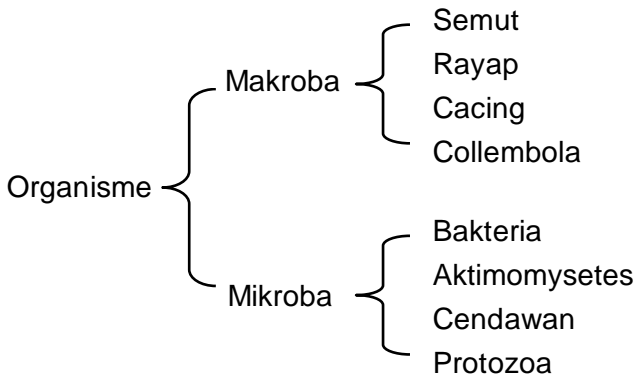
Lignina : jaringan kayu

Protein : senyawa organik mengandung N

Mineral : fosfat, slika, sulfat, karbonat, klorida, nitrat, K, Na, Ca, Mg.

2.2.3 Organisme Tanah

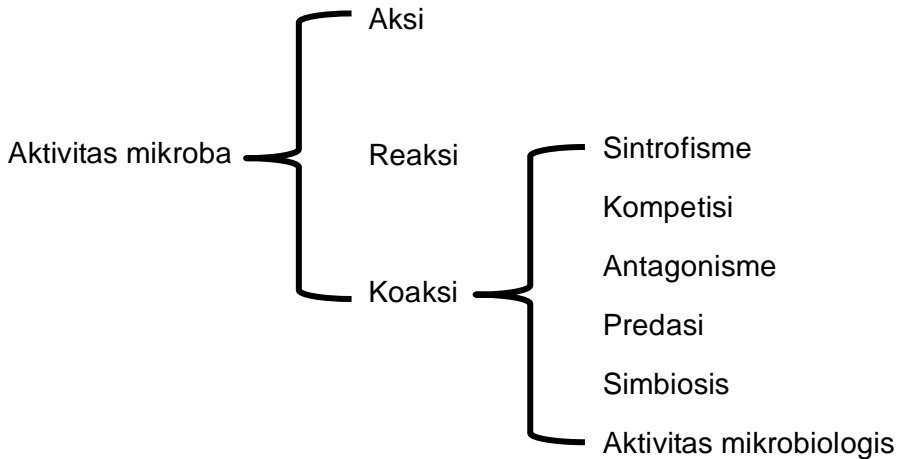
Organisme yang menjadi pelaku dekomposisi bahan organik yang diberikan kedalam tanah seperti bagan dibawah ini :



Dari sekian organisme tanah tersebut yang paling dominan adalah bakteria yang kurang lebih setengah dari biomassa mikrobia. Bakteri terdapat pada semua jenis tanah di lapisan atas, makin kedalam populasinya makin sedikit. Pada tanah yang subur kandungan dapat mencapai 108/g tanah atau lebih (Kabirun, 1994).

Makroba jenis cacing tanah dapat merupakan indikator kesuburan tanah karena cacing tanah berperan dalam mencampur bahan organik tanah dengan bahan mineral. Sehubungan dengan aktivitasnya cacing tanah sering disebut “*soil factories*”. Salah satu jenis cacing tanah yang penting di Amerika Serikat yaitu *Lumbricus terrestris*. Serasah daun dibawa masuk kedalam tanah untuk dimakan dan kotoran yang keluar dapat menyuburkan tanah serta membuat tanah menjadi porous, lorong-lorong sebagai jalan cacing menjadikan tanah mempunyai aerasi yang baik. Bahan organik yang sudah dilapuk dibawa kepermukaan tanah. Jenis dan banyaknya cacing tanah tergantung dari berbagai faktor antara lain keadaan lingkungannya. Penelitian Kanang (2016) menunjukkan bahwa lingkungan hutan alami, sengon campur dengan kopi dan pinus mengandung masing-masing

250000, 112000 dan 120000 ekor cacing tanah/ha. Seresah yang dihasilkan masing-masing lingkungan sebesar 8,97; 6,90; dan 5,18 Mg/tahun dan C organik masing-masing sebesar 1,5; 1,3; dan 1,11%. Clemente seorang ekologis dari Amerika Serikat (*dalam* Gupta, 1999) telah mengklasifikasi aktivitas mikroba dalam ekosistem menjadi tiga macam yaitu aksi, reaksi dan koaksi. Koaksi dibedakan menjadi lima macam yaitu sintrofisme, kompetisi, antagonisme, predasi dan simbiosis. Secara sistematis sebagai berikut :



- Aksi : Suatu aktivitas yang berhadapan dengan kekuatan abiotik yang berpengaruh terhadap organisme
- Reaksi : Suatu aktivitas yang berhadapan dengan aktivitas biologis dalam ekosistem: bagaimana organisme bereaksi terhadap lingkungan dan melakukan fungsinya dalam pembentukan lingkungan.
- Koaksi : Koaksi yaitu suatu aktivitas tentang bagaimana organisme mempengaruhi organisme yang lain. Hubungan koaksi atau interaksi mikroorganisme terhadap tanaman dan hewan terdiri dari lima macam hubungan yaitu sintrofisme, kompetisi, antagonisme, predasi dan simbiosis.

1. **Sintrofisme** : Organisme memperlihatkan kegiatan sintrofisme bukan berarti memperlihatkan hubungan yang erat satu sama lain, tetapi semata-mata hanya untuk mendapatkan keuntungan dari organisme yang lainnya seperti sebagian besar aktivitas didalam tanah adalah merombak selulosa poli sakarida pada bahan tanaman yang sedang membusuk yang melibatkan genus bakteri (*Cytophaga* dan *Spirillum*)serta sejumlah fungi (jamur) yang kesemuanya menghasilkan enzim selulase yang merombak selulosa. Pada kegiatan ini dihasilkan selobiosadisakarida yang digunakan tidak hanya oleh mikroorganisme yang bersangkutan tetapi juga digunakan oleh mikroorganisme yang lain. Selubiosa yang dihasilkan kemudian dirombak secara bertahap menjadi glukosa yang digunakan oleh banyak organisme dalam lingkungan sementara. Dengan kata lain glukosa ini dimakan secara bersama-sama untuk menghasilkan energi. Contoh lain untuk aktivitas ini yaitu proses produksi yoghurt (yogurt), yaitu perombakan limbah perkotaan dan aktivitas mikroorganisme yang berbeda dalam saluran pencernaan berbagai hewan. Yoghurt adalah makanan semi padat (kental), agak masam, mudah dicerna dan banyak khasiatnya; diperoleh sebagai hasil fermentasi terhadap susu alami atau susu skim yang dibiaki (ditanami) dengan dua jenis bakteri : *Lactobacillus* dan *Streptococcus thermophilus*.
2. **Kompetisi** : Yaitu interaksi diantara organisme dalam memperoleh kebutuhan makanan (nutrisi), ruang hidup dan energi dalam waktu singkat pada suatu habitat. Spesies yang dapat menggunakan sumberdaya lebih efisien dari yang lainnya akan memenangkan persaingan
3. **Antagonisme** : Beberapa organisme dapat mengontrol organisme lain dalam lingkungannya dengan cara me-

ngeluarkan senyawa yang beracun. Jamur seperti *Penicillium* dan organisme yang menghasilkan antibiotik di dalam tanah dapat mengontrol pertumbuhan bakteri yang sensitif terhadap sekresi yang dikeluarkannya oleh *Penicillium*. Mikroorganisme, menghasilkan bermacam-macam substansi seperti bakteriocin yang mempunyai pengaruh menghambat organisme lain.

4. **Predasi** : Adalah interaksi antara dua organisme di mana salah satu (predator) memburu, menangkap dan membunuh atau memakan yang lain (mangsa). Bentuk hubungannya predator – mangsa merupakan jalinan penting pada rantai makanan.
5. **Simbiosis** : Adalah kehidupan bersama antara dua spesies yang berbeda dalam hubungan ekologi yang erat dalam waktu yang lama atau pendek dan membutuhkan kontak fisik yang dekat. Dalam hubungan simbiotik ini, bila salah satu anggota hidup dalam sel atau jaringan anggota yang lain disebut endosimbiotik, sebaliknya bila anggota yang lain hidup di luar disebut ektosimbiotik. Kedua anggota tersebut masing-masing dinamakan endosimbion dan ektosimbion. Bila kedua anggota tersebut saling mendapat keuntungan, maka dinamakan simbiosis mutualisme misalnya bakteri *Rhizobium* yang hidup pada bagian akar tanaman leguminosae. Bila salah satu anggota mendapat keuntungan, sedangkan anggota yang lain tidak dirugikan, maka hubungan tersebut dinamakan komensalisme.

Hasil percobaan Mujoko, *dkk.* (2005) menunjukkan isolat *Actinomyces* asal Batu dan Karangploso efektif menekan *Fusarium* sampai 100% dan menghasilkan berat buah tomat var. Mutiara seperti terlihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Pengaruh inokulasi *Actinomyces* dan *Fusarium* terhadap populasi mikroba, berat dan jumlah buah tomat var. Mutiara

Perlakuan		Populasi <i>Actinomyces</i> (x10 ⁶)	Populasi <i>Fusarium</i> (x10 ⁶)	Berat buah	Jumlah buah/tanaman
Isolat	Inokulasi				
Wajak 1	T	4,53 cd	0,02 a	224,8 b	10,7 bcd
	K	5,27d	0,02 a	211,8 b	17,1 f
Canggar	T	2,51 bc	0,02 a	201,0 a	10,7 bcd
	K	0,94 ab	0,03 a	222,1 b	11,9 d
Wajak 2	T	9,07 c	0,20 a	273,7 c	11,2 cd
	K	6,47 d	0,01 a	252,8 c	12,2 d
Batu	T	4,33 cd	0,13 a	185,6 a	9,9 ab
	K	1,52 ab	0,06 a	295,7 d	12,6 c
Karangploso	T	6,51 d	0,80 b	262,5 c	10,5 bc
	K	0,97 ab	0,05 a	281,7 d	13,3 c
Kontrol	T	0,00 a	3,68 d	197,7 a	9,2 a
	K	0,00 a	2,08 c	217,1 b	10,6 bc

Keterangan : Angka yang didampingi oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%. Percobaan rumah kaca Fakultas Pertanian UB. T: inokulasi dengan tanah. R: rendam

Sumber: Mujoko *dkk.* (2005)

Actinomyces ternyata merupakan antagonis bagi pendawan penyakit *Fucarium* karena ada dugaan *Actinomyces* mengeluarkan antibiotik. Berat buah dan jumlah buah tertinggi karena perlakuan *Actinomyces* diduga menghasilkan *auksin* dan *giberelin* yang dapat merangsang pembentukan buah.

Soepena (1998) telah meneliti penggunaan fungsi *Trichoderma* sebagai biofungisida untuk memberantas penyakit jamur akar putih oleh cendawan *Rigidoporuslignosus* pada akar tanaman karet. Spora *Trichoderma* yang ditaburkan ke dalam tanah berkecambah dengan cepat, membentuk koloni serta berkembangbiak dengan cepat mem-

bentuk spora baru, sehingga jumlah spora menjadi berlipat ganda. *Trichoderma* mampu tumbuh dan berkembangbiak dengan tepat. *Miselium* dari *Rizomorfa* JAP mengalami lisis dan hilang berangsur-angsur karena dihancurkan oleh *Trichoderma*. Akhirnya hanya *Trichoderma* yang mendominasi medium disekitar leher akar. *Trichoderma* tidak bersifat patogenisitas pada akar tanaman karet.

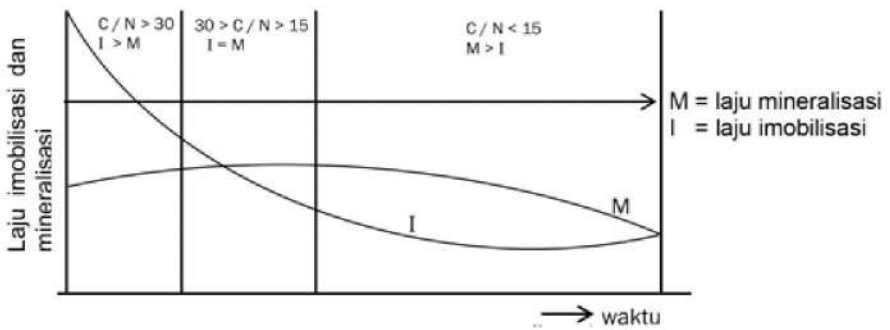
2.2.4 Dekomposisi Bahan Organik Tanah

Dalam kegiatan dekomposisi bahan organik mikroorganisme memerlukan energi yang diambil dari karbohidrat. Pada kondisi yang normal tidak akan terjadi akumulasi bahan organik, kecuali dalam keadaan tanah yang disterilkan, sangat alkalis atau kekeringan yang ekstrim. Kondisi yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman juga diperlukan oleh mikroorganisme dalam melakukan proses dekomposisi. Pada kondisi terjadi keterbatasan kebutuhan untuk kehidupan tanaman dan mikroorganisme, maka akan terjadi persaingan sementara sehingga dapat merugikan tanaman. Selain membutuhkan energi, mikroorganisme jugamembutuhkan senyawa nitrogen seperti protein untuk penyusunan tubuhnya.

Proses mineralisasi terjadi pada waktu bahan organik dirombak oleh mikroorganisme tanah sehingga terjadi pelepasan unsur-unsur mineral. Apabila penambahan bahan organik masih belum dapat menyediakan N atau C/N masih tinggi, maka mikroorganisme akan mengambil (mengikat) N dari tanah dan inilah yang dinamakan imobilisasi N tanah. Peristiwa ini akan berhenti bila semua bahan organik sudah ditransformasi menjadi humus dan mikroorganisme sendiri mati yang akhirnya juga melapuk. Bila C/N sudah mencapai 30-20, maka bahan organik sudah dapat menyediakan N bagi kehidupan mikroorganisme seperti terlihat pada Gambar. 2.1.

Dengan gambar tersebut dapat untuk menjelaskan mengapa pembedaman jerami segar (bahan organik segar yang C/N 20-30). Pada waktu pembajakan tanah, untuk sementara tanaman padi kekurangan N sehingga daun berwarna kekuningan. Bila C/N besar berarti C dalam jumlah besar, sedangkan N sedikit yang menyebabkan

mikroorganisme kekurangan N untuk pembentukan jaringan tubuhnya. Mikroorganisme mengambil N dari tanah (imobilisasi N) berakibat tanah kekurangan N. Pemberian bahan organik dengan $C/N < 15$ menyebabkan proses mineralisasi $>$ imobilisasi, berarti pada proses dekomposisi bahan organik dilepaskan unsur-unsur mineral. Menurut Arnon (1972), maka satu ton jerami yang ditanam pada waktu pembajakan dimusim dingin memerlukan 8-9kg N, sedangkan pada musim panas 10-14 kg N.



Gambar 2.7 Hubungan antara C/N ratio dan ketersediaan N selama proses dekomposisi residu tanaman

Sumber: Arnon (1972)

Berdasarkan kejadian di atas, pemberian bahan organik sebaiknya dalam bentuk kompos dimana C/N sudah tidak tinggi supaya tidak terjadi imobilisasi, tetapi terjadi mineralisasi. Apabila kandungan bahan organik tanah tinggi berarti macam maupun jumlah mikroorganisme tanah menjadi banyak.

Menurut Suhardjo, *dkk.* (1995), bahan organik tanah mempunyai sembilan peranan yaitu: 1) Menjaga kelembaban tanah, 2) Menawarkan/menetralkan sifat racun dari Al dan Fe, 3) Penyangga hara tanaman, 4) Membantu dalam meningkatkan penyediaan hara, 5) Menstabilkan temperatur tanah, 6) Memperbaiki aktivitas mikroorganisme, 7) Memperbaiki struktur tanah, 8) Meningkatkan efisiensi pemupukan dan 9) Mengurangi kehilangan energi.

Bahan organik yang sudah mengalami proses dekomposisi sempurna dinamakan humus dengan C/N antara 10-12, sehingga humus merupakan hasil akhir dari proses dekomposisi bahan organik.

Beberapa definisi humus yaitu:

- a. Humus yaitu bagian dari bahan organik yang kurang lebih mantap setelah sebagian dari bahan tanaman dan binatang yang ditambahkan kedalam tanah mengalami dekomposisi, biasanya berwarna gelap (IPB, 1980)
- b. Humus yaitu bahan organik tanah hasil proses pelapukan yang biasanya relatif tahan terhadap pelapukan selanjutnya (Tim Penyusun Kamus PS, 2013).

Sifat-Sifat Humus:

- a. Bersifat koloid yaitu partikel berukuran sangat kecil, sehingga mempunyai luas permukaan yang besar persatuan bobot tertentu. Sehubungan dengan sifat ini humus dapat mengadsorpsi kation dan dapat mengadakan pertukaran kation.
- b. Daya serap air dari koloid humus sangat besar, ada kalanya berat dari koloid humus menjadi beberapa kali lebih besar dari beratnya sendiri.

Pada Tabel 2.9. Disajikan perbedaan antara sifat koloid liat dan humus.

Tabel 2.9 Perbedaan antara sifat koloid liat dan humus

Sifat-Sifat	Koloid Humus	Koloid Liat
Penyusun utama	C, H, O, N, S, P.	Al, Si, Fe, O
Daya serap air	Besar	Sedang atau tidak ada
Daya adsorpsi ion	Besar	Kecil
Sifat partikel	Tidak bersifat kristal	Bersifat kristal
Sifat Koloid	Labil, mudah dibentuk dan mudah diuraikan oleh mikroba tanah	Lebih lama dan sukar terurai.

2.2.5 Penurunan Bahan Organik Tanah

Banyak faktor yang menyebabkan penurunan bahan organik tanah antara lain: 1) erosi, 2) penggunaan tanah yang berkelanjutan untuk pertanian, 3) oksidasi atau perombakan oleh mikroorganisme tanah. Dekomposisi bahan organik di daerah tropis jauh lebih cepat dibandingkan dengan daerah sub tropis, 4) adanya pembakaran jerami tanaman sebelum menanam seperti pembakaran jerami padi, serasah dari tanaman tebu dan pembakaran lahan gambut dan 5) sistem ladang berpindah yaitu membakar belukar pada hutan untuk ditanami. Sistem ini dahulu dilakukan oleh petani terutama di luar Pulau Jawa.

Mengingat pentingnya peranan bahan organik tanah untuk kelestarian usaha pertanian yang berkelanjutan (sustainable) maka kandungan bahan organik tanah harus dipertahankan dan ditingkatkan. Usaha-usaha tersebut dilakukan dengan berbagai cara yaitu:

- a. Pengembalian sisa-sisa tanaman, terutama bahan organik yang mempunyai C/N rendah
- b. Jangan membakar sisa-sisa tanaman
- c. Mengusahakan agar tanah tetap ada tanaman yaitu dengan menanam tanaman penutup tanah atau pupuk hijau, terutama dari jenis tanaman polongan (leguminosae)
- d. Pemupukan dengan pupuk kandang dan kompos
- e. Mengadakan rotasi tanaman antara lain dengan sistem tanam tumpangsari dan tumpang sisip

2.3 Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman

Pakar-pakar pertanian antarlain Sysetal.(1993), Djaenudin, dkk.(1994), dan Sitorus (1985) telah menerbitkan buku yang berisi kesesuaian lahan yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman, baik tanaman setahun maupun tahunan. Pada dasarnya penilaian evaluasi lahan berupa pemilihan lahan yang sesuai untuk tanaman tertentu. Hal ini dapat dilakukan dengan menafsirkan peta tanah dalam hubungannya dengan kesesuaian untuk berbagai tanaman dan tindakan pengelolaan yang diperlukan. Hampir semua pedoman tentang budidaya tanaman mencantumkan kebutuhan iklim dan tanah yang

dibutuhkan oleh tanaman untuk tumbuh dan berproduksi optimal. Kelas kesesuaian lahan tanaman yang telah tersusun dapat digunakan sebagai standar untuk menentukan hasil survei tanah dan iklim wilayah tertentu, sehingga akhirnya dapat ditentukan kelas kesesuaian lahan tersebut apakah sesuai atau tidak untuk pengembangan tanaman. Pada Tabel 2.10 disajikan kelas kesesuaian lahan untuk kedelai dan Tabel 2.11 untuk kakao.

Tabel 2.10 Kesesuaian Agroekosistem untuk Bertanam Kedelai (Adisarwanto, 2005)

Faktor Agroekosistem	Sangat Sesuai	Sesuai	Agak Sesuai	Kurang Sesuai
Suhu rata-rata (°C)	25 – 28	29 – 35	20 – 25	> 38
Curah hujan (mm)	1.500 – 2.500	1.000 – 1.500	2.500 – 3.500	> 3.500
Curah hujan selama musim tanam kedelai (mm ³ /bulan)	300 – 400	250 – 300	700 – 1.000	< 700
Ketersediaan irigasi pada musim kemarau	5 – 6 kali	400 – 500	200 – 250	< 200
Tekstur tanah	Lempung	4 – 500	500 – 700	> 700
Drainase tanah	Baik	- Lempung berpasir - Liat berpasir	- Pasir berlempung - Liat berdebu - Agak lambat - Agak cepat	- Pasir - Kerikil - Liat padat - Sangat cepat - Sangat lambat
Kedalaman lapisan olah (cm)	> 50	30 – 49	15 – 29	< 15
Bahan organik tanah	Tinggi – sedang	Sedang	Agak rendah	Rendah
Keasaman tanah (pH)	5,8 – 6,9	5,0 – 5,8	4,5 – 5,0	< 4,5 > 7,0
- N tanah	Tinggi	Sedang	Agak rendah	Rendah
- P ₂ O ₅ tersedia	sedang	Sedang	Agak rendah	Rendah
- K ₂ O tersedia	Tinggi	Sedang	Agak rendah	Rendah
- Ca, Mg	Tinggi	Sedang	Agak rendah	Rendah
- Kejenuhan Al (%)	< 5	5 – 10	10 – 15	> 15
Topografi	Datar	< 5 – 10%	10 – 20 %	> 15
Naungan	tanpa	< 10%	10 – 20 %	> 20 %
Elevasi (m dpl)	100 – 200	1 – 100	1.200 – 1.500	> 1.500
		800 – 1.200		

Sumber: Adi Sarwanto (2005)

Tabel 2.11 Kriteria teknis kesesuaian lahan untuk kakao

Tolak Ukur	Kelas Kesesuaian Lahan			
	S1	S2	S3	N
c. Iklim :				
• Curah hujan tahunan (mm)	1.500 – 2.500	1.250 – 1.500	1.100 – 1.250	< 1.100
• Lama bulan kering (<60 mm)	0 – 1	1 – 3	3 – 5	> 4.000 > 5
t. Elevansi (meter dpl.)				
• Kakao mulia	0 – 600	600 – 700	700 – 800	> 800
• Kakao lindak	0 – 300	300 – 450	450 – 600	> 600
s. Kemiringan lahan (%)	0 – 8	8 – 15	15 – 45	> 45
r. Sifat fisik tanah				
• Kedalaman efektif (cm)	> 150	100 – 150	60 – 100	< 60
• Tekstur	sandy loam, clay loam, silt loam, silty clay, loam	loam sand, sandy clay, silty clay	structured clay	gravel, sand, massive clay
• Persentase batu di permukaan	0	0 – 3	3 – 15	> 15
n. Ketersediaan hara (0 – 30 cm):				
• pH	6,0 – 7,0	5,0 – 6,0	4,0 – 5,0	< 4,0
• C-organik (%)	2 – 5	7,0 – 7,5	7,5 – 8,0	> 8,0
• KPK (me/100 g)	> 15	1 – 2	0,5 – 1	< 0,5
• KB (%)	> 35	5 – 10	10 – 15	> 15
• N	sedang – sangat tinggi	20 – 35	< 20	< 5
• P	sedang – sangat tinggi	rendah	sangat rendah	–
• K	sedang – sangat tinggi	rendah	sangat rendah	–
d. Genangan, kelas drainase	<i>Well</i>	<i>moderately weel</i>	<i>Some what poor, some what excerssive</i>	<i>excesivedry poor</i>
1.1. Keracunan (toksisitas)				
• Salinitas (mm hos/cm)	< 1	1 – 3	3 – 6	> 6
• Kejenuhan Al (%)	< 5	5 – 20	20 – 60	> 60

Sumber: Baon & Abdoellah (2010)

Klasifikasi lahan kakao ini ditekankan pada faktor pembatas, sehingga kelas lahan ditulis berdasarkan faktor pembatas yang ada. Kelas lahan kakao S3d, artinya lahan tersebut sesuai dengan faktor pembatas berupa iklim (bulan kering yang panjang).

Menurut Djaenudin, *dkk.* (1994) terdapat 3 kelas dari ordo tanah yang sesuai dan 2 ordo tanah yang tidak sesuai. Klasifikasi kesesuaian lahan yang digunakan sekarang ini pada dasarnya mengacu pada

Framework of Land Evaluation (FAO, 1976) dengan menggunakan 4 kategori yaitu ordo, kelas, subkelas dan unit. Dalam pemetaan tanah semi detail (skala 1:50.000), klasifikasi kesesuaian lahan dilakukan sampai tingkat subkelas.

Ordo : Menunjukkan apakah suatu lahan sesuai atau tidak sesuai untuk penggunaan tertentu dibedakan ke dalam dua ordo:

Ordo S : Sesuai digunakan untuk penggunaan tertentu dalam jangka waktu yang tidak terbatas.

Ordo N : Tidak sesuai di gunakan untuk penggunaan tertentu.

Kelas : Menunjukkan tingkat kesesuaian dari masing-masing ordo. Ada 3 kelas dari ordo tanah yang sesuai dan 2 kelas untuk ordo tidak sesuai

Kelas S1 : Sangat sesuai

Kelas S2 : Cukup sesuai

Kelas S3 : Sesuai marginal

Kelas N1 : Tidak sesuai saat ini

Kelas N2 : Tidak sesuai

Subkelas : Menunjukkan jenis faktor penghambat pada masing-masing kelas. Dalam satu subkelas dapat mempunyai lebih dari satu faktor penghambat : untuk itu penghambat yang paling dominan dituliskan paling depan.

Contoh :

Subkelas S2r : kelas S2 dengan faktor penghambat kedalaman efektif tanah (r)

Subkelas S2sr : kelas S2 dengan faktor penghambat utama lereng (s) dan penghambat lain yaitu kedalaman efektif (r)

Unit : Kesesuaian lahan dalam tingkat unit merupakan pembagian lebih lanjut dari subkelas berdasarkan atas besarnya faktor penghambat.

Contoh :

Unit S2 s-2 : Subkelas S2s dengan faktor penghambat lereng tingkat 2 (lereng 3-8%)

Sahid, *dkk.* (2001) telah melakukan penelitian kesesuaian lahan untuk mengembangkan kapas di Jawa Timur. Salah satunya yaitu kesesuaian lahan Desa Dengkol dan Desa Klampok, Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang. Hasil uji tanah pada lapisan atas (0-20cm) di kedua desa tersebut disajikan pada Tabel. 2.10.

Hasil uji tanah tersebut di cocokan dengan kesesuaian lahan untuk kapas (Tabel 2.12.) sehingga akhirnya dapat ditentukan kelas kesesuaian lahan untuk Desa Dengkol dan Klampok.

Tabel 2.12 Hasil uji tanah pada lapisan atas (0-20cm)

Ciri Tanah	Desa Dengkol	Desa Klampok
pH 1:1		
H ₂ O	5,8	5,2
KCl	4,8	4,2
C organic (%)	0,67	1,12
N-NO ₃ (ppm)	1,24	1,00
N-total (%)	0,07	0,12
C/N	10	9
DHL (Ms/cm)	0,07	0,12
P ₂ O ₅ (rpm)	7,49	6,07
NH ₄ Oac 1NpH = 7 (Cmol/100g)		
K	0,70	0,67
Na	0,54	0,60
Ca	3,00	3,66
Mg	0,67	0,52
KTK	13,46	25,93
Basa	4,91	5,46
KB (%)	37	21
Tekstur		
Pasir (%)	24	13
Debu (%)	47	45
Liat (%)	29	42

Sumber: Sahid *dkk.* (2001)

Berdasarkan klasifikasi kesesuaian lahan menurut Djaenuddin, *dkk.* (1994) yang telah dikoreksi oleh Sahid, *dkk.* (2001), maka kelas kesesuaian lahan untuk tanaman kapas tersaji pada Tabel. 2.13.

Tabel 2.13 Kesesuaian lahan untuk tanaman kapas

Karakteristik Lahan	Kelas Kesesuaian Lahan			
	S1	S2	S3	N
Temperatur (tc)				
Temperatur rerata (°C)	25-27	28-30	30-35	>35
Ketersediaan air (wa)				
Curah hujan (mm)	1000-1500	>1500-1750	>1750-2200	>22000
Kebutuhan air (mm)	>700	600-700	500->600	<500
Kelembaban (%)	<65	65-75	>75-80	>80
Ketersediaan Oksigen (oa)	Baik,	Agak	Terhambat,	Sangat
Drainase	agak baik	terhambat	agak cepat	terhambat, cepat
Media Perakaran (rc)				
Tekstur	h. ah	s	ak	k
Bahan kasar (%)	<15	15-35	35-55	>55
Kedalaman tanah (cm)	>75	50-75	20-50	-<25
Gambut				
Ketebalan (cm)	<60	60-140	>140-200	>200
+ sisipan/pengkayaan	<140	140-200	>200-400	>400
Kematangan	Saprik +	Saprik hemik+	Hemik fibrik +	fibrik
Retensi hara (nr)				
KTK liat (c mol)	>16	<16	<35	
Kejenuhan Basa (%)	>50	35-50	<5,6	
pH ₂ O	6,0-7,6	5,6-<6		
C-organik (%)	>0,4	<0,4		
Toksistasitas (xc)				
Salinitas (d S/m)	<10	10-12	>12-16	>16
Sodisitas (xc)				
Alkalinitas/ESP (%)	<20	20-30	>30-40	>40
Bahaya Sulfidik (xs)				
Kedalaman Sulfidik (cm)	>125	100-125	60->100	<60
Bahaya erosi (eh)				
Lereng (%)	<8	8-16	>16-30	>30
Bahaya erosi	sr	r-sd	b	sb
Bahaya banjir (fh)				
Genangan	F0	-	F1	>F2
Penyiapan Lahan (lp)				
Batuan di permukaan (%)	<5	5-15	>15-40	>40
Singkapan batuan (%)	<5	5-15	>15-25	>25

Keterangan :

 Tekstur : h=halus; ah=agak halus; s=sedang; ak=agak kasar

 + Gambut : gambut dengan sisipan/pengkayaan mineral

 Bahaya erosi : sr=sangat ringan; r=ringan; sd=sedang; b=berat; sb=sangat berat

 S1=sangat sesuai; S2=cukup sesuai; S3=sesuai marginal; N=tidak sesuai

Sumber: Sahid *dkk.* (2001)

Hasil klasifikasi kesesuaian lahan setiap contoh tanah di Desa Dengkol dan Desa Klampok di peroleh hasil seperti pada Tabel. 2.14.

Tabel 2.14 Hasil klasifikasi kesesuaian lahan

Ciri tanah		Desa Dengkol	Kelas	Desa Klampok	Kelas
Temperatur °C	tc	27	S1	27	S1
Ketersediaan air	wa				
1. CH (mm)		1850	S3	1900	S3
2. RH (%)		64	S1	63	S1
Drainase	Oa	Agak baik	S1	Agak baik	S1
Media Perakaran	rc				
1. Tekstur		Agak ringan	S1	Agak ringan	S1
2. Kedalaman	(cm)	78	S1	80	S1
Retensi hara	nr				
1. KTK		13,96	S1	25,93	S1
2. KB		32	S2	21	S3
3. pH		5,8	S2	5,2	S1
4. C-organik		0,67	S1	1,12	S1
Bahaya Erosi	eh				
1. Lereng (%)		9-15	S1	9-15	S1
2. Erosi		Sangat rendah	S1	Sangat rendah	S1
Banjir	fh				
Genangan	Fo		S1	Fo	S1
Kesesuaian lahan			S3wa-1		S3wa-1, nr2/3

Sumber: Sahid *dkk.* (2001)

Dari Tabel tersebut terlihat, kelas kesesuaian lahan tingkat unit untuk Desa Dengkol adalah :

Ordo : S

Kelas : S3

Subkelas : S3wa

Unit : S3wa-1, tanah sesuai marjinal dengan faktor pembatas curah hujan yang tinggi

Untuk Desa Klampok :

Ordo : S

Kelas : S3

Subkelas : S3wa-1. nr-2/3, termasuk sesuai dengan faktor pembatas curah hujan yang tinggi, kejenuhan basa dan pH yang rendah

Tindakan perbaikan yang perlu dilakukan untuk Desa Dengkol yaitu mengatur waktu tanam kapas agar pada waktu buah mulai merekah jatuh pada bulan kering atau sesuai dengan MPL (Minggu Tanam Paling Lambat). Untuk Desa Klampok selain penentuan MPL juga diperlukan penambahan pupuk yang bersifat alkalis, sedang untuk meningkatkan kejenuhan basa dapat diberi pupuk Ca, K atau Mg.

Untuk menentukan luas lahan yang sesuai dengan kelas kesesuaian lahan yang diperoleh, dilakukan tumpang tepat (*overlay*) antara kriteria syarat tumbuh tanaman yang telah ditetapkan dengan Peta Arahan Tataruang Pertanian Indonesia atau tipe penggunaan lahan.

BAB III

BAHAN TANAMAN

Bahan tanaman adalah bahan yang akan ditanam sehingga bahan tanaman merupakan sarana produksi awal atau hulu dalam usahatani atau budidaya pertanian yang sangat penting, karena itu kualitas/mutu bahan tanaman sangat menentukan keberhasilan usahatani/budidaya pertanian. Wujud/bentuk bahan tanaman berupa benih (biji) dan bibit (tanaman semai). Dalam Undang Undang No. 12 tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman yang dimaksud dengan bahan tanaman adalah benih tanaman yang selanjutnya disebut benih adalah tanaman atau bagiannya yang digunakan untuk memperbanyak dan/atau mengembangbiakkan tanaman. Berdasarkan pengertian ini maka bibit tanaman dapat dikategorikan sebagai benih. Benih/bibit harus berasal dari varietas, kultivar dan klon unggul.

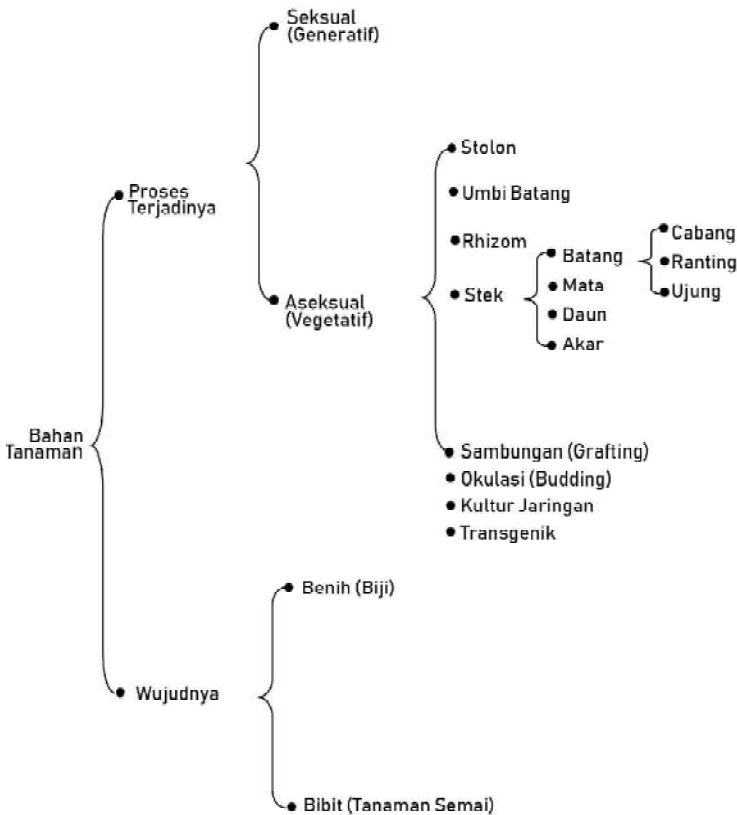
Varietas adalah bagian dari suatu jenis yang ditandai oleh bentuk tanaman, pertumbuhan, daun, buah, biji, dan sifat-sifat lain yang dibedakan dalam jenis yang sama.

Kultivar adalah varietas tanaman yang dibudidayakan (*cultivar – cultivated variety*). Penulisan kultivar sebagai contoh yaitu padi *Oryza sativa* cv. Ciherang. Dalam Undang-Undang tersebut dikatakan kultivar adalah sekelompok tumbuhan yang apabila dibudidayakan untuk memperoleh keturunan akan tetap menurunkan ciri-ciri khas tumbuhan induknya seperti bentuk, rasa buah, warna, dan ciri khas lainnya.

Klon adalah kelompok tumbuhan yang memiliki sel-sel induk unggul yang biasanya diambil dengan cara pembiakan vegetative, umumnya dijumpai pada tanaman perkebunan, penanamannya tidak mempunyai ketetapan yang baku, dapat menggunakan angka, huruf atau sebutan nama yang mengingatkan sejarah nenek moyang klon tersebut misalnya Klon Karet GT1. Huruf GT berasal dari nama tempat di Blitar Selatan yaitu Gondang Tapen.

3.1 Perbanyak Bahan Tanaman

Perbanyak bahan tanaman mempunyai tujuan untuk melipatgandakan bahan tanaman dengan cara seksual (secara kawin, secara generatif) dan aseksual (tidak kawin, secara vegetatif). Perbanyak bahan tanaman secara kawin menghasilkan biji. Biji adalah sel telur (*ovule*) yang telah dibuahi oleh serbuk sari (tepung sari) menjadi embrio dan endosperm (cadangan makanan). Perbanyak yang kedua yaitu secara aseksual yaitu perkembangbiakan tanaman tanpa perkawinan dengan bagian somatis (tubuh) tanaman seperti: stek, umbi, rhizom. Terdapat dua aspek tentang bahan tanaman yaitu aspek proses terjadinya dan wujudnya seperti terlihat dalam bagan skematis pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bagan skematis bahan tanaman

- **Benih** adalah biji tanaman yang digunakan untuk keperluan dan pengembangan usahatani, memiliki fungsi agronomik atau merupakan komponen agronomi. Sadjad (1993a) membedakan istilah benih menjadi batasan fungsional dan struktural. Menurut batasan fungsional benih adalah biji tumbuhan yang digunakan manusia untuk tujuan penanaman, sedangkan menurut batasan struktural benih sama dengan biji yaitu sel telur yang telah dibuahi oleh serbuk sari.
- **Bibit** adalah tanaman muda atau bagian tanaman yang digunakan untuk memperbanyak tanaman.
- **Stolon** adalah struktur di dalam tanah yang berbentuk batang memanjang horizontal dan beruas panjang yang pada beberapa bukannya dapat tumbuh akar dan tunas yang perkembangan selanjutnya dapat membentuk tanaman baru. Sebagai contoh teki, sisal.
- **Umbibatang** adalah cabang yang tumbuh di dalam tanah dan menggelembung, berfungsi sebagai tempat cadangan makanan misalnya: kentang, ubi jalar.
- **Rhizom (rimpang)** adalah bagian tanaman yang letaknya horizontal di dalam tanah dan berdaging atau menjadi langsing dengan ruas panjang yang dari bukannya tumbuh akar merupakan modifikasi dari batang seperti: rami, jahe, sere, bunga tasbih (kana).
- **Stek** adalah potongan batang atau daun yang mempunyai satu mata atau lebih. Salah satu mata tersebut dapat membentuk batang.
- **Sambungan (*grafting*)** yaitu menyambung pucuk.
- **Okulasi (*budding, menempel*)** adalah salah satu atau usaha memperbanyak tanaman dengan menggabungkan dua tanaman atau lebih dengan cara mengambil mata tunas dari cabang pohon induknya dan memasukkan/menempelkannya pada bagian batang bawah yang sebagian kulitnya telah dikupas membentuk huruf T tegak, T terbalik, H, U tegak, U terbalik dan sebagainya

kemudian mengikatnya selama beberapa waktu hingga kedua bagian tanaman bergabung menjadi tanama baru.

- **Kultur jaringan (*tissue culture*)** adalah benih biakan tanaman dengan sel atau jaringan yang aktif yang dimasukkan dalam medium tabung kaca atau wadah tembus cahaya hingga dihasilkan bibit yang tidak terbatas dengan tingkat keseragaman tinggi dan sifat induk menurun kepada tanaman baru. Dengan kultur jaringan dihasilkan regenerasi tanaman yang utuh, memungkinkan dibiakkan secara komersial (seperti pada anggrek), bebas virus atau penyakit.

3.2 Tanaman Transgenik

Terjadinya kesenjangan yang makin melebar antara laju pertumbuhan penduduk dengan laju pertumbuhan pangan menyebabkan para pakar bidang pertanian, biologi dan bidang yang berkaitan dengan usaha untuk menemukan bahan tanaman unggul antara lain dengan menemukan/menciptakan tanaman transgenik. Ada beberapa definisi tentang tanaman transgenik:

- Tanaman transgenik adalah tanaman hasil rekayasa genetika yang telah membawa sifat tertentu dari organisme yang tidak ada hubungan kekerabatan atau lain spesies. Dengan teknologi canggih dapat dilakukan transfer gen dari organisme atau spesies lain ke tanaman penerima (reseptor). Organisme lain dapat berupa binatang, tanaman, dan bakteri. Gen dari organisme lain tersebut dapat dimasukkan / disisipkan ke setiap tanaman (Rissler dan Mellon, 1996). Sebagai contoh pada metode pemuliaan konvensional yang ingin menghasilkan tomat berwarna kuning dapat dilakukan dengan jalan mengawinkan (menyilangkan) tomat dengan tanaman tomat berwarna kuning (masih satu spesies). Bila disilangkan dengan pohon waru atau semangka yang berwarna kuning tidak dapat dihasilkan tanaman tomat baru yang buahnya kuning. Melalui teknik rekayasa genetika (disebut juga bioteknologi atau teknologi tanaman DNA; teknologi DNA

rekombinan) dapat dipindahkan gen berwarna kuning dari kupu-kupu ke dalam tanaman tomat.

- Tanaman transgenik adalah tanaman yang telah berubah secara genetik sebagai akibat masuknya DNA asing ke dalam genomnya atau tanaman yang mengandung DNA yang berasal dari organisme lainnya seperti Kapas – Bt yaitu merupakan tanaman transgenik karena tanaman kapas telah mengandung gen yang berasal dari organisme lain (dalam hal ini mengandung gen yang berasal dari bakteri *Bacillus turingiensis*) (Tim Penyusun Kamus PS, 2013).

Berdasarkan definisi tersebut di atas, tanaman transgenik dapat mengkombinasikan gen dengan sifat tertentu sehingga dapat dihasilkan tanaman baru dengan sifat-sifat yang dikehendaki seperti tahan terhadap hama, penyakit, herbisida, kekeringan dan dapat menambat (memfiksasi) N dari udara. Dengan demikian tanaman rekayasa genetika membuka peluang untuk peningkatan produktivitas tanaman, khu-

Tabel 3.1 Sumber gen baru pada tanaman transgenik*

Tanaman Penerima	Sumber Gen Baru	Tujuan rekayasa genetik
Kentang	Anak ayam	Meningkatkan ketahanan penyakit
	Giant silk moth	Meningkatkan ketahanan penyakit
	Greater waxmoth	Mengurangi memar
	Virus	Meningkatkan ketahanan penyakit
	Bakteria	Toleran herbisida
Jagung	Wheat	Mengurangi kerusakan karena insekta
	Firefly	Memasukkan gen penanda
	Bakteria	Toleran herbisida
Tomat	Flounder	Mengurangi kerusakan karena pembekuan
	Virus	Meningkatkan ketahanan penyakit
Tembakau	Bakteria	Mengurangi kerusakan karena insekta
	Chinese hamster	Meningkatkan kandungan sterol
Padi	Bean, Pea	Penyimpanan protein baru

*Sumber: Rissler and Mellon (1996)

susnya tanaman pangan sebagai salah satu usaha untuk meningkatkan ketahanan pangan suatu negara ataupun dunia.

Para ilmuwan telah menggunakan teknik rekayasa genetika ini untuk mentransfer gen dari tanaman, hewan, bakteri dan virus ke tanaman penerima seperti disajikan pada Tabel 3.1.

Amoco Technology Company di Illinois mentransfer gen dari Chinese hamster ke tanaman tembakau agar meningkatkan kandungan sterol yang merupakan produk alkohol yang tidak jenuh. Sterol digunakan dalam industri dan pertanian. Suatu swasta di California yaitu Teknologi Tanaman DNA mentransfer gen protein anti pembekuan dari winter flounder ke tomat agar tomat dapat hidup pada suhu yang lebih dingin.

a. Tanaman Transgenik Sebagai Tanaman Komersial

Tanaman transgenik merupakan hasil dari kemajuan teknologi sebagai upaya untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman terutama pada tanaman pangan. Peningkatan penduduk dunia yang demikian pesatnya perlu diimbangi dengan peningkatan produktivitas tanaman pangan sesuai dengan teori Malthus yang menyatakan

Tabel 3.2 Tanaman transgenik yang dikembangkan

Kelompok tanaman	Jenis tanaman
Serealia	Jagung, Padi, <i>Rye</i>
Serat	Kapas, <i>Linum</i>
Pakan	<i>Alfalfa</i> , <i>Orchard Grass</i>
Kehuatanan	<i>Poplar</i> , <i>Sprice</i>
Buah/Biji	Apel, <i>Cranberry</i> , Anggur, Kiwi, Melon, Pepaya, <i>Pear</i> , <i>Plun</i> , <i>Strawberry</i> , <i>Walnut</i>
Minyak	Kacang tanah, Canola, Kedelai, Bunga Matahari
Tanaman hias	<i>Chrysanthemum</i> , <i>Marning glory</i> , <i>Petunia</i> , <i>Rose</i>
Sayuran	Asparagus, Kobis, Wortel, <i>Cauliflower</i> , <i>Celery</i> , Mentimun, Terong, Kentang, Ubi jalar, <i>Lettuce</i> , <i>Pea</i> , <i>Squash</i>
Sumber lainnya	Gula bit, Tembakau, <i>Foxglove (Digitalis)</i> , <i>Licorice</i>

Sumber: Rissler and Mellon (1996)

pertumbuhan penduduk mengikuti persamaan matematika sebagai deret ukur atau fungsi ekponensial, sedangkan pertumbuhan bahan pangan menurut deret hitung. Pada Tabel 3.2 disajikan berbagai jenis tanaman transgenik yang dikembangkan di dunia. Dalam rangka meningkatkan produktivitas tanaman dengan varietas-varietas unggul transgenik.

b. Sejarah Singkat Tanaman Transgenik

Sejak tahun 1987 Pemerintah Amerika Serikat telah menguji ratusan tanaman transgenik di lapangan. Tanaman hasil rekayasa genetik (transgenik) yang pertama diperkenalkan yaitu tanaman tomat yang dapat menunda kemasakan buah oleh perusahaan **Calgene** pada tahun 1994 dan setahun kemudian tanaman squash (semacam labu) yang tahan virus diperkenalkan oleh perusahaan benih Upjohn pada Tabel 3.3. disajikan berbagai jenis tanaman transgenik yang dikembangkan oleh perusahaan yang bekerja sama dengan Departemen Pertanian Amerika Serikat untuk pengujian tanaman transgenik di lapangan.

Tabel 3.3 Beberapa perusahaan yang bekerja sama dengan Departemen Amerika Serikat untuk menguji tanaman transgenik di lapangan*

Perusahaan	Persen yang dicoba
Chemeical companies	46
Monsanto	
Upjohn (Agrow Seed)	
DuPont	
Sandoz (Northrup King and Rogers NK Seed)	
Ciba-Geigy	
Hoechst-Roussel	
Imperial Chemical Industries	
American Cyanamid	
<i>Universities/U.S. Department of Agriculture</i>	17
USDA Agricultural Research Service	
Cornell University	
North Carolina State University	

University of Kentucky
University of California
Michigan State University

<i>Seed Companies</i>	15
Pioneer Hi-Bred DeKalb Plants Genetics Holden's Foundation Seed Petoseed Harris Moran	
<i>Biotechnology companies (stand alone)</i>	13
Calgene DNA Plant Technology Agrigenetics	
<i>Food companies</i>	5
Frito-Lay Campbell Heinz Land O'Lakes	
<i>Miscellaneous</i>	4
Cargill Amoco Technology	

*Sumber: Rissler and Mellon (1996)

Pada Tabel 3.4. disajikan berbagai sifat tanaman transgenik yang telah diuji di beberapa negara industri dalam periode 1986 – 1992.

Tabel 3.4 Tanaman transgenik yang telah diuji di beberapa negara industri dari tahun 1986-1992*

Sifat	%
Toleran herbisida	57
Resisten virus	13
Resisten hama	10
Kualitas lain	8
Kemandulan serangga jantan	5
Resisten penyakit	4

*Sumber: Rissler and Mellon, 1996

Varietas yang berasal dari teknologi transgenik kini telah banyak dikembangkan di beberapa negara eksportir pangan dan negara penghasil produk pertanian lainnya di dunia. Pada tahun 1997 luas tanaman transgenik di dunia mencapai 1,7 juta hektar dan pada tahun 2005 telah mencapai 400 juta hektar (Kriswantriyono *dkk.*, 2010). Di Indonesia sejak tahun 1998 hingga 2004 telah dilaksanakan kajian keamanan hayati terhadap 11 tanaman transgenik dan beberapa diantaranya adalah jagung Bt, kedelai RR, jagung RR-NK 603, jagung PR-GA21, kapas Bt RR, padi Bt, tebu Bt A dan singkong bebas amilosa. Pada tahun 2001 kapas transgenik Bt DP5690 B dengan nama Nu COTN 35 atau Bollgard telah ditanam secara luas di tujuh Kabupaten Sulawesi Selatan dengan total luas lahan 10.000 ha. Tampaknya penanaman tersebut mengalami kegagalan dan program pengembangannya dihentikan.

c. Pro dan Kontra Pengembangan Tanaman Transgenik

1. Bagi Yang Kontra Dengan Alasan Sebagai Berikut:
 - Tanaman transgenik akhirnya dapat menjadi weed (gulma) bagi tanaman lain. Sebagai contoh yaitu tanaman Canola transgenik tahan herbisida dapat menyebar ke ladang gandum di Kanada, sehingga tanaman Canola menjadi gulma baru (Gunadi, 2001).
 - Tanaman transgenik tahan herbisida dapat memindahkan transgennya ke rumput-rumput yang lain, sehingga rumput-rumput ini menjadi tahan terhadap herbisida. Bila keadaan ini terjadi, maka pengendalian gulma semakin mahal.
 - Toksin yang dihasilkan oleh tanaman transgenik akan membunuh serangga non target. Uji laboratorium di Cornell University Amerika Serikat menunjukkan matinya *monarchbutterflylarvae* (*Danaus plexippun*) yang di laboratorium diberikan pakan daun *milkweed* yang ditaburi pollen jagung Bt (Nelson, 2001). Tanaman transgenik fungisida dapat menghasilkan enzim chitinase yang dapat merombak dinding sel fungi mycorrhiza. Dinding sel ini

tersusun dari chitin dan bila dindingnya rusak maka sel fungi akan mati. Seperti diketahui mycorrhiza ini dapat melarutkan nutrisi tanaman, sehingga nutrisi dapat diserap oleh akar tanaman. Dengan demikian bila mycorrhiza mati berarti efisiensi serapan hara menurun.

- Dapat mempersempit biodiversitas (mengurangi keanekaragaman hayati) yang berarti dapat merusak keseimbangan alam.
- Pemindahan gen baru ke tanaman yang sekerabat, gen baru dapat berpindah ke tanaman liarnya sehingga tanaman liar dapat merusak ekosistem alamiah. Bila gen yang ditambahkan merupakan komponen virus, ada kemungkinan menimbulkan virus baru atau menjadi habitat virus baru.
- Tanaman dapat berbahaya dan mematikan hama non target. Penggunaan tanaman transgenik yang mengandung bakteri Bt dapat mempercepat terjadinya resistensi terhadap hama Bt. Telah dilaporkan adanya delapan spesies insek yang menjadi resisten terhadap racun Bt baik dari hasil penelitian laboratorium maupun lapangan antara lain *Diamondbackmoth*, *Indianmealmoth*, *Tobacco budworm*, *Coloradopotato beetle* dan dua spesies nyamuk (*McGaughey* dalam Rissler and Mellon, 1996), apalagi bila ada kesinambungan penanaman dalam dua musim berturut-turut.

Sehubungan dengan dampak negatif dari tanaman transgenik tersebut, maka wajar bila di banyak negara ada aturan yang ketat terhadap tanaman ini, khususnya bagi negara-negara Eropa. Negara Eropa yang sudah mapan pertaniannya membuat aturan yang ketat. Hal ini terlihat di Jerman dan Perancis yang hanya memproduksi kurang dari satu persen tanaman transgenik, sedangkan di Amerika Serikat memproduksi sekitar 70 persen. China adalah pelopor penggunaan tanaman transgenik di Asia, tetapi hanya memproduksi 1 persen tanaman transgenik dari total produksi di seluruh dunia (Gunadi, 2001).

2. Bagi yang pro

Kemajuan bioteknologi sangat membantu dalam mengatasi krisis ketersediaan pangan dunia. Adanya laju pertumbuhan penduduk yang demikian cepat, menuntut para pakar pertanian untuk mencari inovasi baru dalam bidang pertanian, khususnya bahan tanaman transgenik. Secara genetik tanaman transgenik tidak mempunyai sifat membahayakan, tetapi adanya sifat-sifat baru atau kombinasi beberapa sifat dapat mempunyai pengaruh yang tidak dikehendaki bagi lingkungan hidup. Tanaman transgenik dapat menimbulkan berbagai masalah tergantung dari gen baru yang ada, sifat-sifat tuanya dan lingkungan tumbuh setempat.

Area lahan-lahan pertanian yang menyusut sebagai akibat dari alih fungsi lahan dapat berdampak negatif bagi penyediaan pangan. Lahan sawah yang sebagian besar berada di Pulau Jawa (60%) menyusut cepat sekali dan dilaporkan menyusut sekitar 70 ribu hektar per tahun 2014. Kondisi demikian sangat prospektif bagi pengembangan tanaman transgenik dan faktanya sekarang ini bioteknologi sudah merupakan industri global. Penggunaan tanaman transgenik perlu dipantau dan dievaluasi secara kontinyu untuk membuktikan bahwa tanaman ini aman terhadap lingkungan dan konsumen.

d. Metode Membuat Tanaman Transgenik

Pada periode 2005 – 2012 tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) diunggulkan sebagai tanaman penghasil minyak biodiesel, sehingga berbagai macam penelitian telah dilakukan. Salah satu kegiatannya yaitu menghasilkan bahan tanaman (varietas) yang tahan terhadap OPT dengan jalan rekayasa genetika atau bioteknologi. Tanaman jarak pagar dapat diserang oleh jamur atau cendawan *Fusarium oxysporum*, busuk akar oleh *Rhizoctonia bataticola* dan penyakit antraknosa oleh *Colletotrichum* sp.

- Jamur *Trichoderma* sp. merupakan jamur antagonis bagi jamur patogen dan jamur tersebut mengandung gen β -Glucanase dan Chitinase yang mempunyai kemampuan mendegradasi β -

1,3 glucan dan kitin. Kedua senyawa ini merupakan komponen utama penyusun dinding sel jamur.

- Gen-gen β - Glucanase dan Chitinase yang diisolasi dari *Trichoderma asperellum* ditransfer ke bakteri *Agrobacterium tumefaciens* (sebagai vektor) yang nantinya diinsersi (disisipkan) ke tanaman jarak pagar, sehingga diperoleh tanaman jarak pagar yang transgenik yang telah terinsersi gen-gen β -Glucanase dan Chitinase, sehingga akhirnya dihasilkan tanaman jarak pagar yang tahan terhadap penyakit dari jamur patogen. Bila tanaman jarak pagar transgenik ini diserang jamur patogen, maka dinding sel jamur pathogen akan melarut yang berakibat matinya jamur patogen. Biji-biji jarak pagar dapat mengandung kedua gen tersebut dan bila biji ditanam, tanaman yang tumbuh tahan terhadap serangan jamur pathogen. Sudah barang tentu harus terus diuji coba di lapang selama kurun waktu tertentu untuk membuktikan keberhasilan tanaman jarak pagar transgenik dan sekaligus diverifikasi keamanan lingkungan dan hayatinya. Penelitian ini dilaksanakan oleh Setyowati *dkk.* (2008), merupakan kerjasama Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang dan Balai Tanaman Tembakau dan Serat (Balittas), Malang.

3.3 Perakitan Varietas Unggul (Kasus pada tanaman padi)

Sebelum ditemukan varietas unggul padi, petani menanam padi dengan varietas lokal yang umumnya produktivitasnya rendah dan umurnya panjang. Mengingat padi atau beras merupakan bahan makanan utama dari sebagian besar penduduk dunia, termasuk Indonesia, maka program pemuliaan padi dilaksanakan secara sistematis, terprogram dan terarah sesuai dengan tuntutan kondisi waktunya. Perakitan varietas unggul dengan cara persilangan dimungkinkan karena tersedianya plasma nutfah yang ada di kebun percobaan yang merupakan sumber dari gen sebagai bahan persilangan. Sebelum ditemukan varietas unggul umumnya petani menanam varietas lokal seperti padi Djawa, Tjempo, Kretek dan lain-lainnya. Produktivitasnya rendah (rata-rata 2,2 ton/ha) dan umurnya menengah sampai dalam

(Tohir, 1960). Adanya penambahan penduduk dunia termasuk Indonesia yang demikian pesat, maka dituntut untuk meningkat produktivitas tanaman pangan melalui program pemuliaan. Varietas lokal segera diganti dengan varietas unggul. Varietas unggul padi hasil persilangan di dalam negeri yang pertama kali dilepas pada tahun 1943 adalah Bengawan. Varietas ini memiliki latar belakang genetik hasil perbaikan varietas dari China, Latisaildari India, dan Benong dari Indonesia. Varietas Bengawan berumur 140 – 155 hari setelah sebar, tinggi 145 – 165 cm, memiliki rasa nasi enak dengan daya hasil 3,5–4,0 ton/ha. Contoh padi tipe Bengawan yaitu varietas Bengawan (dilepas tahun 1943), Sigadis (1953), Remaja (1954), Jelita (1955), Dara (1960), Sinta (1963), Dewi Tara (1964), Arimbi (1965), Bathara (1965) dan dewi Ratih (1969) (Las dkk. 2004).

Adanya pelandaian produktivitas dan degradasi hasil, maka dirakit varietas unggul modern atau varietas unggul baru (VUB) yang memiliki arsitektur kanopi dengan tipedaun tegak sehingga dapat menangkap atau mengintersepsi radiasi matahari lebih besar sehingga kemampuan berfotosintesis juga lebih tinggi. Akibatnya tanaman mampu menyediakan energi untuk tumbuh dan beranak lebih banyak. Sejak tahun 1962 telah dilepas 184 varietas unggul baru berdaya hasil tinggi dan dua diantaranya dikenal sebagai IR 36 dan IR 64. Kemudian pada pertengahan tahun 1980 an dilepas varietas yang populer yaitu Cisadane (dilepas 1980), Way apo Buru (1998) dan Ciherang (2000) dengan produktivitas 4,5 – 6,0 tonGKP/ha. Varietas Unggul Baru (VUB) pada saat mengalami pelandaian produktivitas dan dirakit lagi Varietas Unggul Tipe Baru (VUTB) dengan memanfaatkan keragaman Sumber Daya Genetik/SDG (Plasma Nutfah) yang ada melalui cara menyilangkan padi dari kelompok Javanika dengan kelompok Indika. Dengan cara ini diharapkan dapat dihasilkan genotipe rekombinan turunan yang memiliki postur yang diinginkan dengan karakter:

- Jumlah anakan rendah (9 – 10) yang kesemuanya produktif
- Jumlah gabah isi 200 – 250 butir
- Berbatang kokoh
- Helai daun tebal, tegak, berwarna hijau tua

- Umur masak 100– 130 hari
- Tahan terhadap sejumlah hama dan penyakit
- Mutu beras baik dengan tekstur nasi pulen

Varietas unggul baru tersebut mempunyai sifat produktivitas tinggi (5,21 – 5,51 ton/ha), kualitas bagus, mempunyai ketahanan terhadap hama dan penyakit.

Pada saat ini terdapat 80 galur harapan padi tipe baru (PTB) yang telah dan sedang diuji daya hasilnya. Dua diantara galur yang telah diuji dan dilepas sebagai VUTB yaitu Cimelati (dilepas tahun 2001) dan Gilirang (2002). Produktivitas Cimelati 6,0 – 7,5 ton/ha, tahan terhadap wereng coklat biotipe 1, 2, dan 3 dan hawar daun bakteri Strain III dan IV., sedang Gilirang mempunyai produktivitas 6,0 – 7,3 ton GKP/ha, tahan hama wereng coklat (*Nilaparvata lugens*) biotipe 1, 2, dan 3, tahan hawar daun bakteri (*Xanthomonas oryzae*) Strain III, agak tahan Strain IV, tetapi rentan strain VIII).

Perbedaan utama antara VUB masa kini dengan VUB masa depan terletak pada kapasitas sink yang cukup tinggi sehingga mampu mendukung pencapaian daya hasil yang tinggi pula. Namun untuk memanfaatkan potensi sink yang tinggi tersebut dibutuhkan pula source yang memadai. Kebutuhan source yang cukup selain harus dirancang cermat melalui pembentukan arsitektur tanaman juga dapat diperoleh melalui manipulasi teknologi budidaya tanaman dengan pendekatan Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT).

Varietas Padi Hibrida

Hibrida adalah jenis tanaman baru yang mewarisi sifat dari tetua jantan dan betina yang merupakan hasil persilangan dari induk-induk yang berbeda sifatnya. Hibrida dari persilangan antara varietas tanaman yang berbeda (hibrida F1) sering kali lebih kuat dan memberikan hasil yang lebih tinggi daripada varietas aslinya, jadi mempunyai kekuatan hibrida atau efek heterosis. Padi hibrida ditemukan pertama kali di China pada tahun 1974 dan digunakan secara komersial sejak

tahun 1976. Di Indonesia, penelitian padi hibrida baru dimulai tahun 1983 (Las *dkk*, 2004). Telah dilepas varietas padi hibrida seperti Maro (dilepas tahun 2002), potensi hasil 9,24 ton GKP/ha, rata-rata hasil 6,44 ton/ha, Rokan (2002), potensi hasil 8,85 ton GKP/ha, rata-rata hasil 6,24 ton/ha, Intani-1 (2001) potensi hasil 8,7 – 11,2 ton GKG (kadar air 14%) dan Intani-2 (2001) potensi hasil 8,36 – 9,9 ton GKG (kadar air 14%).

Varietas-varietas hibrida untuk tanaman lain juga sudah dikembangkan seperti hibrida kapas, jagung. Beberapa varietas jagung hibrida antara lain C-1, CP-1, Pioneer 1, Pioneer 2, Pioneer 3, Pioneer 5, Semar 1, CP-1, IPB-4. Harga benih hibrida mahal, sebab proses penangkarnya tidak mudah dan masih tetap dikerjakan oleh produsennya.

3.4 Perbanyak Benih

Benih yang dihasilkan oleh pemulia tanaman masih sedikit jumlahnya, karena itu untuk dapat ditanam sebagai benih dalam usahatani atau budidaya tanaman harus diperbanyak dalam jumlah besar. Beberapa tahapan yang harus dilalui yaitu dengan membuat kelas benih. Terdapat beberapa klasifikasi kelas benih secara internasional, tetapi di Indonesia kelas benih yang diterapkan melalui beberapa tahapan, dimulai dari benih penjenis, benih dasar, benih pokok dan benih sebar.

Benih Penjenis (BS – Breeder Seed)

Benih Penjenis adalah benih yang menjadi sumber asal varietas yang kemurniannya diawasi langsung oleh pemulia atau institusinya, sedangkan pengaturan ke daerah-daerah menjadi tanggung jawab Direktorat Jenderal Kementerian Pertanian. Sebagai contoh benih tanaman pangan seperti padi, jagung, kedelai, kacang tanah. Pengaturan benih menjadi tanggung jawab Direktorat Jenderal Tanaman Pangan.

Benih Dasar

Benih Dasar adalah benih pemulia keturunan pertama dari Benih Penjenis, dibuat oleh Balai Pembenihan yang ditunjuk oleh Sub Direktorat Pembinaan Benih.

Benih Pokok (SS – Stock Seed)

Benih Pokok adalah benih keturunan dari Benih Penjenis atau Benih dasar yang identitas maupun kemurnian varietasnya sesuai dengan standar mutu yang diterapkan oleh Sub Direktorat Pembinaan Mutu Benih.

Benih Sebar (ES – Extension Seed)

Benih Sebar adalah keturunan Benih penjenis, Benih Dasar atau Benih Pokok yang diproduksi secara baik dalam jumlah banyak dengan identitas dan tingkat kemurnian yang terpelihara. Benih ini siap ditanam oleh petani produsen dalam usahatani/budidaya tanaman.

3.5 Faktor Perbanyak Benih

Dari Benih Penjenis yang jumlahnya sedikit sampai **menjadi** Benih Sebar dalam jumlah banyak memerlukan faktor perbanyak benih. Faktor perbanyak benih menunjukkan nisbah antara unit benih yang dihasilkan pada luas lahan tertentu terhadap unit Benih Sumber yang ditanam. Bila produk benih minimal sebesar 1.500 kg untuk Benih Dasar dan 2.500 kg/ha untuk Benih Pokok atau Benih atau Benih Sebar bagi tanaman padi, dimana untuk Benih Sumber ditetapkan 10 kg Benih Penjenis untuk Benih Dasar, 25 kg Benih Dasar untuk Benih Pokok dan 25 kg Benih Pokok untuk Benih Sebar maka:

Faktor perbanyak Benih Dasar : 1.500 kg/ha : 10 kg/ha = 150

Faktor perbanyak Benih Pokok : 1.500 kg/ha : 10 kg/ha = 150

Faktor perbanyak Benih Sebar : 1.500 kg/ha : 10 kg/ha = 150

Pada tanaman jagung ditetapkan untuk memproduksi benih bersertifikat diperlukan untuk memproduksi benih bersertifikat diperlukan sumber benih dengan kualifikasi yang lebih tinggi, kurang lebih 30 kg/ha. Hasil benih jagung kelas Benih Dasar diharapkan paling sedikit 800 kg/ha, kelas Benih Pokok 1.000 kg/ha dan kelas Benih Sebar 1.500 kg/ha, sehingga:

Faktor perbanyak Benih Dasar : 800 kg/ha : 30 kg/ha = 26
Faktor perbanyak Benih Pokok : 1.000 kg/ha : 30 kg/ha = 33
Faktor perbanyak Benih Sebar : 1.500 kg/ha : 30 kg/ha = 50

Pada tanaman kedelai ditetapkan untuk Benih Sumber sebanyak 30 – 45 kg/ha (rata-rata 40 kg/ha). Produksi Benih Dasar diharapkan 800 kg/ha untuk Benih Dasar, 900 kg untuk benih Pokok dan 1.000 kg untuk Benih sebar, sehingga:

Faktor perbanyak Benih Dasar : 800 kg/ha : 40 kg/ha = 20
Faktor perbanyak Benih Pokok : 900 kg/ha : 40 kg/ha = 22,5
Faktor perbanyak Benih Sebar : 1.000 kg/ha : 40 kg/ha = 25

3.6 Mutu Benih

Benih tanaman sebagai sarana produksi utama budidaya tanaman perlu dijaga mutunya, sehingga mampu menghasilkan produksi dan mutu hasil sebagaimana yang diharapkan. Mutu (kualitas) benih terdiri atas tiga komponen yaitu mutu fisis, fisiologis, dan genetis. Ketiga komponen ini merupakan satu kesatuan yang tidak terpisahkan dan menjadikan benih sebagai benih bermutu sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Secara singkat menurut Sadjad (1993) ketiga komponen mutu tersebut yaitu:

Mutu fisis: Benih bersih dari kotoran seperti pasir, tanah, tangkai atau daun kering, benih kosong (tidak bernas), kulit benih, endosperm,

pecahan kotiledon. Perwujudan (*performans*) seragam dalam bentuk, ukuran, warna, dan berat per jumlah atau volume, misalnya 100 biji beratnya 20 gram. Bebas hama/penyakit, perwujudan cukup menarik. Aroma benih dijaga jangan sampai berbau apek (apek).

Mutu fisiologis : Mempunyai kemampuan untuk hidup normal adalah kisaran keadaan alam yang cukup luas, mampu tumbuh cepat dan merata, mampu untuk disimpan.

Mutu genetik : Mempunyai keseragaman genetik dan fenotipik. Setelah tumbuh perwujudan tanaman seragam seperti deskripsi yang dihasilkan oleh pemuliaannya (Breeder). Benih juga harus dari varietas unggul.

3.7 Sertifikasi Benih

Dalam Undang-Undang Budidaya Tanaman No 12 Tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman dikemukakan jika suatu varietas telah dilepas, benihnya dinyatakan sebagai Benih Bina, dalam pengertian produksi dan peredarannya perlu diatur dan diawasi. Mekanisme pengawasan dan pembinaan yang efektif untuk dapat menjamin benih bermutu adalah melalui sertifikasi benih. Sertifikasi benih ini dapat dilakukan oleh Pemerintah maupun Swasta. Dalam rangka sertifikasi benih terdapat lembaga sertifikasi benih yang di Indonesia disebut Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih (BBSB). Benih yang lulus sertifikasi merupakan benih yang telah dijamin mutunya, meliputi mutu genetik, fisiologis dan fisik dan dapat diedarkan. Untuk menjamin bahwa benih yang diedarkan benar-benar bermutu dan dalam rangka mempermudah pengawasan mutu benih, maka benih yang lulus sertifikasi apabila akan diedarkan wajib diberi label. Benih yang dimaksud adalah Benih Sebar dan untuk mempermudah petani mengenali, benih diberi label biru, hijau dan merah jambu. Label yang terakhir ini menunjukkan bahwa mutunya tidak seketat label sebelumnya. Proses sertifikasinya lebih mudah, hanya satu kali inspeksi pada saat berbunga untuk

memastikan benih varietas yang diperbanyak sesuai dengan penampilan tanaman yang seragam pada waktu berada di lapangan. Beberapa contoh hasil sertifikasi disajikan pada Tabel 3.5, 3.6, dan 3.7.

Tabel 3.5 Standar pengujian laboratorium untuk benih padi bersertifikat

Kelas Benih	Kadar Air Maks (%)	Benih Murni Min (%)	Kotoran Benih Maks (%)	Benih Varietas Lain Maks (%)	Benih Tanaman Lain dan Gulma Maks (%)	Daya Tumbuh Min (%)
Benih Dasar	13,0	99,0	1,0	0,0	0,0	80,0
Benih Pokok	13,0	99,0	1,0	0,1	0,1	80,0
Benih Sebar	13,0	98,0	2,0	0,2	0,2	80,0

Sumber: Mugnisjah *dkk.*(1995)

Tabel 3.6 Standar pengujian laboratorium untuk benih jagung bersari bebas bersertifikat

Kelas Benih	Kadar Air Maks (%)	Benih Murni Min (%)	Kotoran Benih Maks (%)	Benih Varietas Lain Maks (%)	Benih Tanaman Lain dan Gulma Maks (%)	Daya Tumbuh Min (%)
Benih Dasar	12,0	98,0	2,0	0,0	0,5	80,0
Benih Pokok	12,0	98,0	2,0	0,1	0,5	80,0
Benih Sebar						
Label Biru	12,0	98,0	2,0	0,2	1,0	80,0
Label Hijau	12,0	97,0	3,0	0,5	1,0	70,0

Sumber: Mugnisjah *dkk.*(1995)

Tabel 3.7 Standar pengujian laboratorium untuk benih kedelai bersertifikat

Kelas Benih	Kadar Air Maks (%)	Benih Murni Min (%)	Kotoran Benih Maks (%)	Benih Varietas Lain Maks (%)	Benih Tanaman Lain dan Gulma Maks (%)	Daya Tumbuh Min (%)
Benih Dasar	11,0	98,0	2,0	0,0		80,0
Benih Pokok	11,0	98,0	2,0	0,2		80,0
Benih Sebar						
Label Biru	11,0	97,0	3,0	0,5		80,0
Label Hijau	11,0	97,0	3,0	0,7		70,0

Sumber: Mugnisjah *dkk.*(1995)

BAB IV WAKTU TANAM

Waktu mulai menanam dibedakan menjadi dua kelompok yaitu tanaman yang kebutuhan airnya tergantung dari air hujan dan air irigasi. Tanaman yang kebutuhan airnya tergantung dari air hujan biasanya ditanam dilahan kering atau tegal disebut tanaman tadah hujan (*rainfed crops*), yang waktu tanamnya jatuh pada permulaan musim hujan. Waktu tanam untuk kelompok kedua tidak mengikat sebab kebutuhan airnya dicukupi dari air irigasi seperti terlihat pada lahan irigasi di Pulau Jawa, di mana dalam satu hamparan ditanam beberapa jenis tanaman padi, jagung, kedelai, tebu dan lain sebagainya. Selain berdasarkan kebutuhan air, waktu tanam dapat ditentukan oleh sifat tanaman, kondisi setempat dan pertimbangan-pertimbangan tertentu berdasarkan pengalaman praktek. Waktu tanam untuk beberapa tanaman pemusim dapat dilihat pada uraian di bawah ini.

4.1 Tanaman Kapas (*Gossypium* sp.)

Waktu tanam kapas tadah hujan disesuaikan dengan sifat tanaman kapas yaitu pada waktu buah pertama mulai merekah harus jatuh pada bulan kering ($I \leq 60\text{mm/bulan}$). Umur mulai tanam sampai buah pertama merekah 120 hari atau empat bulan sehingga waktu tanam jatuh mulai bulan kering (5) dikurangi 4 bulan atau bulan kering – 4 bulan = 1. Andai kata bulan kering jatuh bulan Mei atau bulan 5, maka waktu tanam: $5 - 4 = 1$ atau bulan Januari (Sastrosupadi, 1981). Penelitian penentuan waktu tanam kapas di lahan kering atau *rain grown cotton* telah dilaksanakan oleh Riajaya (1990). Lebih lanjut dikemukakan bahwa tanaman kapas yang dikembangkan dilahan tadah hujan sering terjadi kekurangan air, sehingga untuk mengurangi resiko kegagalan panen akibat kekurangan atau kelebihan air perlu dicari waktu tanam yang optimum. Untuk itu dilakukan analisis data curah hujan harian selama 10-20 tahun yang dikumpulkan dari 22 stasiun hujan di Jawa Timur, 34 Jawa Tengah, 11 di Lombok, 7 di Flores, 33 di

Sulawesi Selatan dan 4 di Sulawesi Tenggara. Waktu tanam kapas di Jawa Timur, wilayah Lombok Timur, Flores dan Sulawesi Selatan wilayah barat berkisar minggu pertama Desember sampai minggu pertama Januari. Waktutanam di Jawa Timur wilayah barat dan Jawa Tengah antara minggu pertama sampai minggu ke tiga Januari. Di Sulawesi Selatan wilayah timur antara minggu pertama Maret sampai minggu pertama April, untuk Sulawesi Tenggara antara minggu kedua Februari sampai minggu pertama Maret. Analisis data hujan yang digunakan untuk menentukan waktu tanam menggunakan metode peluang *Markovorder* pertama (*Markov Chain First Order Probability*).

4.2 Tanaman Rosela (*Hibiscus sabdariffa*) dan Kenaf (*H. cannabinus*)

Tanaman rosela dan kenaf dikenal sebagai tanaman serat karung sebagai penghasil serat yang digunakan untuk pembuatan bahan pengemas produk-produk dan dikenal dengan nama karung goni. Kedua tanaman ini sampai dengan tahun 2001 diusahakan oleh PTP XVII untuk memenuhi kebutuhan serat bagi tiga pabrik karung goni yang dimilikinya sampai saat ini tanaman kenaf masih ditanam di Lamongan oleh swasta yang seratnya digunakan untuk industry otomotif. Tanaman rosela dan kenaf termasuk tanaman hari pendek. Di Pulau Jawa yang terletak pada 6°– 8,5° LS (Lintang Selatan) bila dikembangkan sebagai penghasil serat, maka selama periode pertumbuhannya harus jatuh pada bulan-bulan yang mempunyai fase periode panjang bagi belahan bumi selatan yaitu bulan Agustus sampai dengan Oktober, sesuai dengan ritme pergerakan bumi mengelilingi matahari. Bila ditanam sebagai penghasil benih (biji), maka waktu tanam jatuh pada bulan-bulan yang panjang harinya pendek yaitu bulan Maret sampai Januari agar tanaman cepat berbunga seperti hasil penelitian Sastrosupadi (1988) yang disajikan pada Tabel 4.1.

Ternyata baik kenaf maupun rosella bila ditanam pada bulan 4 sampai bulan 7 mempunyai umur berbunga yang pendek (cepat berbunga) karena pada bulan-bulan tersebut matahari masih berada di

Tabel 4.1 Pengaruh bulan tanaman rosella dan kenaf terhadap umur berbunga

Bulan tanam tahun 1987	Umur berbunga (hari)	
	Rosella Var. HC 40	Kenaf Var. Hc 48
1	105	75
2	100	70
3	85	65
4	75	50
5	70	50
6	70	50
7	60	45
8	75	45
9	-	60
10	195	70
11	160	75
12	135	75

Sumber: Sastrosupadi (1988)

Lintang Utara, sehingga pada bulan-bulan tersebut pulau Jawa yang terletak di 6^o– 8,5^o LS masih mempunyai panjang hari kurang dari 12 jam.

4.3 Tanaman Kedelai

Menurut rekomendasi Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2010), waktu tanam kedelai (*Glycine soya*) adalah : 1) pada lahan sawah, kedelai biasanya di tanam pada musim kemarau pertama (MK I) yang ditanam setelah panen padi pertama atau pada musim kemarau kedua (MK II) yang di tanam setelah panen padi kedua. Kedelai hendaknya segera ditanam, 2-4 hari setelah padi dipanen untuk memanfaatkan lengas tanah dan mengurangi gangguan hama, penyakit dan gulma. 2) pada lahan kering kedelai ditanam pada awal musim hujan atau bulan Oktober dan November untuk musim tanam ke-1 dan untuk musim tanam ke-2 pada bulan Februari atau Maret.

4.4 Tanaman Kacang Tanah

Waktu tanam kacang tanah (*Arachys hypogea*) dilahan sawah dengan irigasi teknis ditanam pada musim marengan (Juli-September), sedangkan untuk irigasi semi teknis ditanam pada bulan April-Juni, pada ketersediaan air masih cukup dapat ditanam lagi bulan Juli-Agustus. Di lahan tegalan (tadah hujan) pada waktu tanam pada awal musim hujan, bulan Oktober-November).

4.5 Tanaman jagung

Pada umumnya waktu tanam jagung (*Zea mays*) adalah pada awal musim hujan (labuhan) yaitu September-November dan awal musim kemarau (marengan) yaitu Februari-April.

4.6 Tembakau Madura

Waktu tanam tembakau (*Nicotiana tabacum*) Madura yang optimal di lahan sawah ditentukan oleh saat panen dengan ketentuan paling sedikit satu bulan menjelang panen tidak terkena hujan dan pada saat itu sebaiknya cuaca cerah sampai saat panen (saat panen biasanya pada pertengahan bulan Agustus sampai pertengahan September). Bila umur tanaman 80 – 90 hari, maka waktu tanam adalah pertengahan Mei sampai pertengahan Juni agar dapat menghasilkan mutu daun tembakau yang bagus. Bagi tembakau gunung waktu tanam optimal adalah pada akhir Maret sampai dengan awal Mei.

4.7 Tembakau Virginia

Pada umumnya tembakau Virginia ditanam di sawah setelah padi musim hujan yaitu pada awal musim kemarau di bulan Mei sampai Juni. Daerah penyebaran tanaman meliputi tanah berat atau vertisol yang meliputi kabupaten Bojonegoro, Lamongan, Jombang, Ngawi dan Nganjuk. Untuk tanah kering meliputi pulau Lombok, pulau Bali, Bondowoso, Ponorogo dan Klaten.

BAB V

PENGOLAHAN TANAH

Pengolahan tanah (*tillage*) mempunyai beberapa tujuan yaitu :1). Membuat struktur tanah menjadi gembur (remah, crumb) agar tanah mengandung udara dan air dalam jumlah cukup (aerasi optimal) dan seimbang serta mantap, sehingga aktivitas akar dalam bermetabolisme dan menyerap hara berlangsung secara optimal, 2). Mendorong aktivitas jasad-jasad hidup tanah secara optimal, akibatnya nitrifikasi dipergiat, penguraian bahan organik berjalan lancar sehingga terjadi pelepasan unsur-unsur hara dalam tanah dalam waktu cepat, 3). Membersihkan gulma, 4). Mematikan bibit-bibit penyakit dan 5). Dapat menghancurkan adanya lapisan keras (*hardpan*) di tanah.

Dalam praktek budidaya tanaman dijumpai beberapa tipe pengelolaan tanah yaitu: 1) sempurna, 2) minimum dan 3) tanpa olah tanah.

5.1 Pengolahan Tanah Sempurna (Konvensional)

Pengolahan tanah sempurna yaitu mengolah tanah secara intensif, biasanya untuk tanah-tanah yang berat seperti tipe tanah grumusol (*vertisol*). Pada pengolahan tanah konvensional ini ada pengolahan tanah primer dan sekunder, misalnya dibajak 2 kali (primer), kemudian digaru 1-2 kali (*sekunder*). Bila dijumpai lapisan keras (*hardpan*), lapisan keras ini perlu dihancurkan biasanya dengan pengolahan atau pembajakan dalam sehingga penetrasi akar tidak terhalang dan dapat mengurangi kerentanan tanaman terhadap kekeringan.

5.2 Pengolahan Tanah Minimum

Tidak semua areal lahan diolah, tetapi yang diolah hanya pada jalur tanaman yang hendak ditanami saja. Cara ini ditempuh dengan pertimbangan menghemat biaya pengolahan tanah, terutama bagi daerah-daerah yang kekurangan tenaga kerja. Pada tanah-tanah ringan atau peka terhadap erosi cara ini juga sering digunakan. Penyianggulma juga hanya sebatas jalur tanaman saja. Tipe pengolahan tanah ini dinamakan *minimum tillage* atau *limited tillage*.

5.3 Pengolahan Tanah Tanpa Olah Tanah (TOT)

Tanah tanpa diolah hanya dibuat lubang-lubang untuk menanam benih, biasanya setelah tanaman tumbuh juga tidak dilakukan penyiangan atau pemakaian herbisida, seperti menanam kedelai sesudah padi dipanen. Tipe ini juga disebut *zero tillage = slot planting = direct drilling*.

Selain ketiga tipe pengolahan tanah tersebut, masih banyak berbagai tipe antara lain *stubble-mulch farming* yaitu sisa-sisa tanaman ditinggalkan dilahan dapat di hamparkan sehingga dapat mencegah penguapan air tanah dan pada waktu hujan dapat mencegah kerusakan struktur tanah oleh pukulan air hujan, aliran permukaan dan genangan yang dapat menyebabkan kondisi anaerobik.

5.4 Penggunaan Mesin Pertanian

Sebelum tahun 1960an petani menggunakan tenaga ternak untuk mengelola tanah seperti untuk membajak dan menggaru, terutama di Pulau Jawa. Pada saat itu umumnya petani mempunyai ternak, utamanya sapi dan kerbau. Bagi masyarakat Jawa ternak merupakan simbol status kehidupan sehingga ternak diberi sebutan rojokoyo. Selain sebagai tenaga pengolah tanah, ternak merupakan tabungan, sewaktu-waktu dapat dijual. Dalam perkembangan selanjutnya mulai terjadi perubahan, tenaga ternak diganti dengan mesin-mesin pertanian. Keadaan ini disebabkan antara lain kesulitan penyediaan pakan (rumput), terlebih lagi bila dalam musim kemarau. Selain itu disebabkan oleh semakin sulit mencari tenaga yang mau bekerja di pertanian. Para pemuda umumnya memilih kerja di perkotaan (urbanisasi) atau menjadi TKI ke luar negeri. Mulailah era penggunaan mesin-mesin pertanian (mekanisasi). Traktor tangan mulai mengganti bajak dan garu dan alat-alat lain seperti perontok padi, penggilingan padi, pengupas jagung dan lain sebagainya seperti pada Gambar 5.1 dan 5.2.



Gambar 5.1 Pengolahan tanah dengan tractor, dan tenaga ternak



Perontokan gabah dengan alat/mesin perontok mempercepat proses perontokan menekan tingkat kehilangan hasil, dan meningkatkan mutu beras.



Gambar 5.2 Mesin perontok padi dan perontok tenaga manusia



Gambar 5.3 Alat penyiang gulma (landak) dan traktor pemanen padi

Modernisasi dalam bidang pertanian terutama di negara-negara berkembang merupakan tren di seluruh dunia. Modernisasi dan input teknologi sangat berkaitan. Di antara inovasi teknologi, mekanisasi adalah yang paling kritis. Sejarah politik pertanian di banyak negara yang sedang berkembang penuh dengan kontroversi ketika akan melaksanakan mekanisasi, sebagai contoh yaitu di India. Mekanisasi mendapat julukan sebagai anti tenaga kerja, anti pekerjaan dan beberapa penulis menyebut sebagai biaya tinggi. Pembuat kebijakan juga sering mengalami kesulitan dalam mengembangkan mekanisasi karena ada sebagian yang tidak setuju. Mereka beranggapan mekanisasi identik dengan lahan luas dan petani besar seperti yang dikemukakan oleh Rao (2003).

Dalam perkembangan selanjutnya ternyata mekanisasi merupakan suatu keharusan karena adanya beberapa keuntungan antara lain diperlukan untuk:

- Pembukaan lahan pertanian baru
- Reklamasi lahan yang terlantar
- Mensejahterakan petani
- Pengolahan produk-produk pertanian
- Mengatasi masalah-masalah dalam pasar

Negara-negara di Afrika Barat menghadapi beberapa masalah dalam melaksanakan mekanisasi antara lain (Akinyemi, 2007):

- Kekurangan fasilitas pemeliharaan mesin-mesin pertanian
- Kekurangan tenaga yang terlatih

- Kekurangan fasilitas kredit
- Kekurangan fasilitas infrastruktur

Bagi Indonesia sangat mendukung perkembangan mekanisasi pertanian melalui penggunaan alat dan mesin pertanian khususnya untuk tanaman pangan (Anonim, 1998) karena:

- Mengatasi masalah tenaga kerja pengolahan lahan, khususnya pada awal pembukaan lahan baru.
- Mempercepat waktu untuk panen dan pengolahan tanah, sehingga mempercepat waktu tanam berikutnya dan meningkatkan indeks penanaman (pertanaman).
- Meningkatkan efisiensi usahatani melalui peningkatan kerja, efisiensi masukan (input), sehingga akan menekan biaya produksi dan meningkatkan pendapatan petani.
- Meningkatkan produktivitas usahatani, baik produktivitas hasil maupun produktivitas lahan melalui penggunaan pompa dalam penyediaan air pada musim kering.
- Menekan kehilangan hasil cukup tinggi melalui penggunaan alat dan mesin pemanen, alat dan mesin perontok dan pemipil dapat menekan kehilangan hasil, memperbaiki mutu serta mempersingkat waktu kerja.
- Mengembangkan agroindustri melalui penggunaan alat dan mesin sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi kerja, menekan kerusakan dan meningkatkan mutu, menganeka-ragamkan produk olahan serta meningkatkan nilai tambah.

5.1 Hasil Penelitian

- **Tanaman Kapas**
Menurut Kadarwati (2002) *minimum tillage* yaitu pengolahan tanah pada jalur yang ditanami kapas dan diikuti penyiangan pada jalur 30 cm di kiri dan kanan barisan dapat menghemat tenaga kerja sebesar 40 %. Hasil penelitian di Sulawesi Selatan, penanaman kapas di lahan kering tanpa olah tanah hanya menu-

runkan hasil sebesar 15% dibandingkan dengan pengolahan tanah sempurna. Pada sistem tumpangsari kapas-kedelai di lahan sawah sesudah padi tanpa olah tanah pada tanah lempung berliat Mojosari, hasil kapas mencapai 1,0-1,5 ton/ha dan kedelai 0,8-1,5 ton/ha. Hasil kapas dan kedelai tergolong cukup tinggi.

- **Tanaman Kedelai**
Intensitas pengolahan tanah pada padi terutama berpengaruh terhadap hasil kedelai sesudah padi, baik pada tanah diolah maupun tanpa olah tanah seperti terlihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Pengaruh intensitas pengolahan tanah pada padi terhadap hasil kedelai yang ditanam sesudah padi di KP Jambegede, MK 1989

Intensitas pengolahan tanah pada padi	Hasil kedelai (ton/ha)	
	Tanah diolah	Tanpa olah tanah
1 x bajak, 1 x garu	2,07	1,80
2 x bajak, 1 x garu	2,09	1,77
1 x bajak, 2 x garu	2,04	1,91
2 x bajak, 2 x garu	2,14	2,00
Rata-rata	2,08	1,87

Sumber: Adisarwanto (1993)

Ternyata hasil kedelai yang tertinggi dicapai pada intensitas pengolahan pada padi 2 x bajak, 2 x garu baik pada tanah diolah maupun tanpa diolah.

Pada Tabel 5.2 disajikan hasil penelitian kombinasi pengolah tanah dengan pemupukan bahan organik di lahan pasang surut hipologi luapan C di Desa Bunga Raya, Kabupaten Siak, Riau dengan tipe iklim B1 menurut Oldeman *et al.* (1979) yang dilaksanakan oleh Yunisar, *dkk.* (2012).

Tabel 5.2 Pengaruh pengolahan tanah dan bahan organik terhadap hasil kedelai varietas anjasmoro di lahan pasang surut Siak, Riau MT 2010

Pengolahan tanah	Macam kompos			
	Tandan kosong kelapa sawit	Jerami padi	Biomasa gulma	Pupuk kandang sapi
TOT	1,90 ab*	1,85 b	1,95 aa	2,20 a
Minimum	1,86 b	1,80 b	1,94 ab	2,14 a

* Uji DMRT 5%

Keterangan : TOT (tanpa olah tanah) digunakan herbisida glifosat dengan dosis 5 l/ha. Olah tanah minimum dengan kedalaman kurang dari 20 cm tanpa herbisida.

Sumber: Yunisar, *dkk.* (2012).

Ternyata pengolahan tanah minimum yang dikombinasikan dengan menggunakan sapi 4 ton/ha menghasilkan biji kedelai tertinggi. Kemungkinan kedalaman pengolahan tanah kurang dari 20 cm masih terlalu dangkal, sehingga perkembangan akar tidak optimal.

- **Tanaman Kacang Tanah**
Hasil penelitian pengolahan tanah pada padi terhadap hasil polong kering kacang tanah di KP Genteng tipe tanah latosol dan di KP Jambigede tipe tanah aluvial, MK 1990 disajikan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Pengaruh pengolahan tanah pada padi terhadap hasil kacang tanah, MK 1990

Intensitas pengolahan tanah pada padi	Buat polong kering (ton/ha)	
	Genteng (latosa)	Jambigede (aluvial)
Bajak 1 x, garu 1x, tenaga ternak	1,08a	1,80
Bajak 2 x, garu 1x, tenaga ternak	1,58ab	1,77
Bajak 1 x, garu 2x, tenaga ternak	2,15bc	1,91
Bajak 2 x, garu 2x, tenaga ternak	2,55c	2,00
Bajak 2 x, garu 2x, tenaga traktor tangan	2,18bc	2,00

*Uji BNT 5%

Sumber: Adisarwanto (1993)

Ternyata di Genteng dengan jenis tanah latosol yang menentukan hasil kacang tanah adalah intensitas penggaruan pada padi, sedangkan di Jambigede dengan jenis tanah aluvial yang menentukan hasil kacang tanah adalah intensitas pembajakan. Penggunaan traktor tangan dan bajak dengan tenaga ternak menghasilkan struktur tanah yang sama baiknya.

- Hasil Penelitian di India
 Pada Tabel 5.4 disajikan hasil penelitian kedalaman pengolahan tanah terhadap pengaruh susul pada hasil berbagai jenis tanaman di India

Tabel 5.4 Pengaruh kedalaman pengolahan tanah terhadap pengaruh susul pada hasil beberapa tanaman di alfisol semi arid Anantapus, India

Jenis tanaman	Pengaruh tahun pertama (t/ha)		Pengaruh susulan (t/ha)					
	1972-1973		1973-1974		1974-1975		1975-1976	
	DK	DL	DK	DL	DK	DL	DK	DL
Jarak (akar dalam)	0,64	0,88	1,01	1,30	0,58	0,86	1,26	1,57
Cajanus cajan (akar dalam)	0,90	1,17	0,91	1,18	1,03	1,56	1,52	0,74
Kacang tanah	0,42	0,54	0,86	1,17	0,57	0,82	1,33	1,42
Pennisetum americana (akar dangkal)	1,20	0,54	0,77	1,03	0,49	0,74	0,02	0,03
BNT (0,05)	0,24		0,21		0,21		tn	

Keterangan DK : pengolahan tanah dangkal (15-22,5 cm)
 DL : pengolahan tanah dalam (> 22,5 cm)
 tn : tidak nyata

Sumber: Venkateswarlu (2003)

Pengolahan tanah dalam (lebih dari 25 cm) tidak hanya meningkatkan hasil, tetapi juga mempunyai pengaruh susul (*residual effect*) paling lama 2 tahun pada tanah lempung berpasir kemerahan di Anantapur, India. Pada penelitian-penelitian pengolahan tanah perlu kajian nilai ekonomisnya, apakah nilai kenaikan hasil lebih besar daripada biaya pengolahan tanah.

BAB VI

JARAK DAN POPULASI TANAMAN

6.1 Hubungan Populasi Tanaman dan Hasil

Jarak tanam mencerminkan ruang tumbuh individu tanaman, baik ruang tumbuh diatas tanah (ruang tumbuh untuk kanopi atau tajuk tanaman) maupun di dalam tanah yaitu ruang tumbuh akar. Pada prinsipnya jarak tanam yang dipilih bertujuan untuk meminimalkan persaingan antar individu, baik persaingan di kanopi dalam memperoleh sinar matahari, CO₂, O₂, dan kelembaban udara, sedang di tanah yaitu persaingan dalam menyerap hara. Jarak tanaman diatur sedemikian rupa agar setelah tumbuh dewasa kanopi tanaman tidak saling bersentuhan. Selain itu jarak tanam juga memudahkan bagi sipenanaman untuk melakukan pemeliharaan sehari-hari. Ada dua unsur jarak tanam yaitu jarak antar baris dan dalam baris, jarak antar baris memang lebih lebar dibandingkan dengan jarak dalam baris. Dalam praktek yang selalu ingin dicari solusinya yaitu bagaimana jarak tanamnya dan berapa populasi tanaman yang maksimum sehingga hasil tanaman juga maksimal. Populasi maksimal juga sering disebut populasi optimal. Bila jarak tanam jagung 80 cm x 25 cm atau 0,8 m x 0,25 m, berarti ruang tumbuh individu tanaman jagung dalam hamparan tanaman seluas 0,8 m x 0,25 m = 0,2 m², sehingga untuk luasan 1 ha akan berisi banyaknya tanaman atau banyaknya lubang tanam dengan rumus:

$$\text{Banyaknya lubang tanam (populasi tanaman)} = \frac{\text{luas 1 ha}}{\text{Jarak antar baris} \times \text{jarak dalam baris}}$$

$$P = \frac{10000 \text{ m}^2}{jab \text{ m} \times jdb \text{ m}}$$

$$P = \frac{10000 \text{ m}^2}{0,8 \text{ m} \times 0,23 \text{ m}} = \frac{10.000 \text{ m}^2}{0,2 \text{ m}^2} = 50.000$$

P = populasi tanaman /ha

Jab = jarak antar baris

Jdb = jarak dalam baris

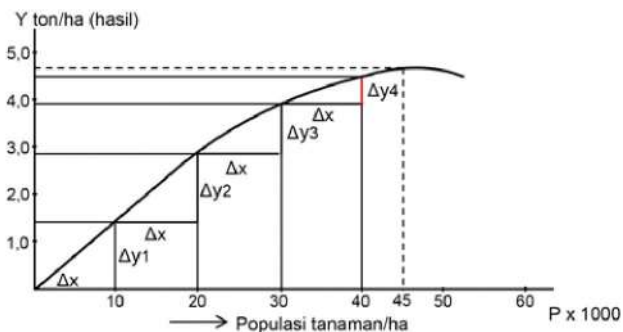
P = 50.000 tanaman atau lubang tanam, dengan ketentuan satu lubang berisi satu tanaman yang dipelihara

Sehubungan dengan rumus diatas maka bila ditentukan populasi tanaman per hektar, jarak tanam yang baik dapat diperoleh secara *adlibitum*, artinya banyak sekali variasi jarak tanam yang dapat disusun seperti Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Variasi jarak tanam

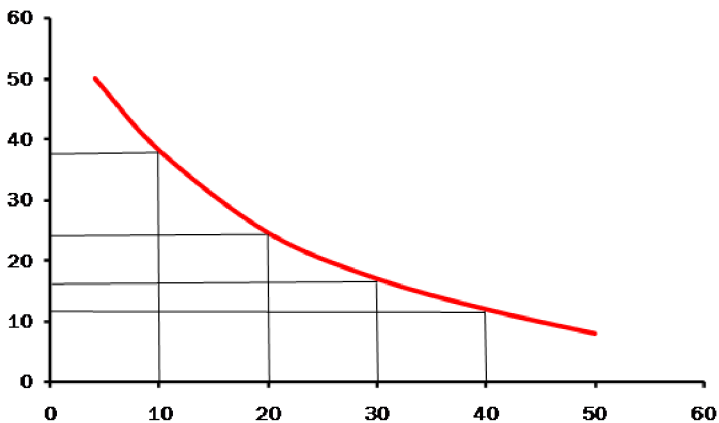
Populasi tanaman/ha	Jarak Tanam	
	Jarak antar baris (m)	Jarak dalam baris (m)
50.000	1,00	0,20
	0,90	0,22
	0,80	0,25
	0,70	0,29
	0,60	0,33

Dalam kenyataannya di tingkat petani, tanaman yang dipelihara per lubang tanam dapat dua sampai tiga, karena petani merasa sayang untuk memperjarang tanaman. Terdapat hubungan yang erat antara populasi (kepadatan) tanaman per satuan luas (per hektar) dengan hasil tanaman. Hubungan tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1 Hubungan antara populasi tanaman per hektar dengan hasil tanaman (ton/ha)

Pada umumnya hubungan antara populasi tanaman dengan hasil dapat didekati dengan hubungan fungsi kuadratik-parabolik seperti Gambar 6.1. Hasil tanaman dapat ditingkatkan melalui rekayasa populasi tanaman. Semakin rapat tanaman, hasil semakin meningkat dan pada populasi tertentu, peningkatan populasi menurunkan hasil. Hal ini disebabkan semakin ketatnya kompetisi (persaingan) antar individu tanaman, baik kompetisi di atas tanah (kanopi = tajuk), maupun dalam tanah (persaingan penyerapan unsur hara). Disisi lain hubungan antara populasi tanaman dengan hasil per individu tanaman seperti ditunjukkan pada Gambar 6.2. Semakin meningkat populasi tanaman, hasil per tanaman semakin menurun. Penurunan hasil per tanaman ini dikompensasi oleh meningkatnya jumlah tanaman, sehingga hasil/luas atau hasil/ha juga semakin meningkat sampai populasi yang maksimum. Terlihat juga bahwa terjadi penambahan hasil yang menurun artinya $\Delta Y_1 > \Delta Y_2 > \Delta Y_3$ dan pada populasi 45.000 ha⁻¹, ΔY sama dengan nol ($\Delta y=0$).



Gambar 6.2 Hubungan antara populasi tanaman per hektar dengan hasil per tanaman (g/tanaman)

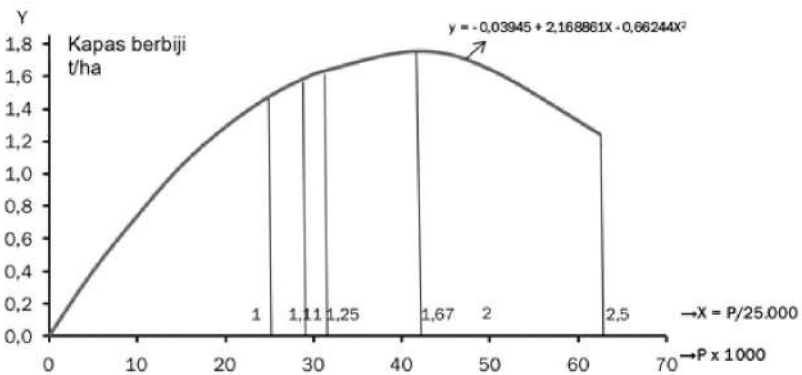
Hubungan secara matematis ditunjukkan oleh hasil penelitian jarak tanam kapas (*Gossypiumhirsutum* varietas Reba BTK 12) di Desa Ngawen, Jawa Tengah, tahun 1976 oleh Sastrosupadi seperti Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Hasil kapas berbiji (ton/ha) dengan kepadatan tanaman /ha di Purwodadi, Jawa Tengah, tahun 1976

Jarak tanam cm x cm	Populasi (P)/ha	X (P/25000)	Kapas berbiji (t/ha)	Kapas berbiji (g/tanaman)
80 x 50	25000	1,00	1,40	56,00
80 x 45	27777	1,11	1,46	52,56
80 x 40	31200	1,25	1,60	51,20
80 x 30	41666	1,67	1,85	44,40
80 x 25	50000	2,00	1,76	25,20
80 x 20	62500	2,50	1,15	18,40

Sumber: Sastrosupadi (1996)

Hubungan fungsi antara populasi tanaman dengan hasil per satuan luas disajikan pada Gambar 6.3, sedangkan dengan setiap tanaman disiapkan pada Gambar 6.4. Perhitungan mencari kedua fungsi tersebut disajikan pada Lampiran 1.



Gambar 6.3 Hubungan antara populasi tanaman/ha dengan hasil kapas berbiji t/ha

Fungsi hubungan antara populasi tanaman/ha dengan hasil kapas berbiji t/ha adalah:

$$\hat{Y} = -0,03945 + 2,16861x - 0,66244X^2$$

X (populasi) maksimal dicapai bila $\frac{dY}{dX} = 0$ fungsi turunan pertama dari $Y = 0$

$$0 = 2,16861 - 2 (0,66244X)$$

$$2 (0,66244 X) = 2,16861$$

$$X_{\text{maksimal}} = \frac{2,16861}{2 (0,66244)} = 1,63684$$

$$X = \frac{P}{25000}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{maksimal}} &= 25.000 \cdot X \\ &= 25.000 \times 1,63684 \\ &= 40921 \text{ tanaman/ha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_{\text{maksimal}} &= -0,03945 + 2,16861 (1,63684) - 0,66244 (1,63684)^2 \\ &= 1,74 \text{ ton kapas berbiji/ha} \end{aligned}$$

Dari Tabel 6.2. Tersebut juga dapat dicari fungsi hubungan antara populasi tanaman dengan hasil per tanaman (per individu tanaman). Hubungan tersebut berupa fungsi perpangkatan atau nonlinear) yaitu:

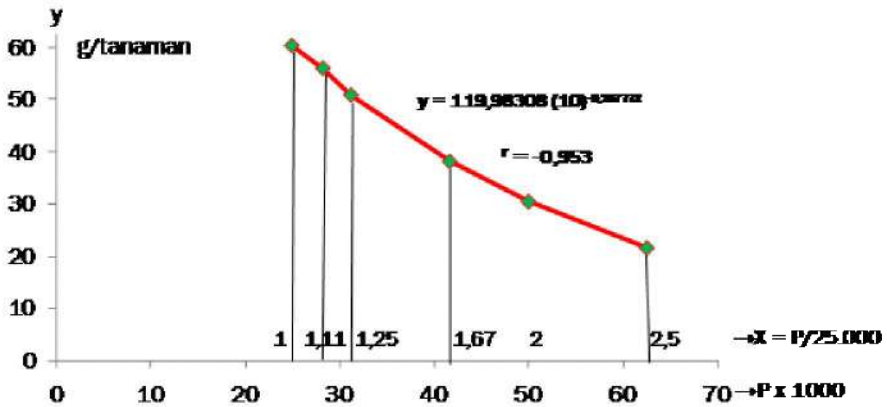
$$\bar{Y} = K10^{-bx} ; v = \text{hasil serat berbiji / tanaman}$$

K = konstanta

b = kemiringan (slope) garis regresi

Hubungan fungsi tersebut dapat disajikan dengan jalan mengubah persamaan lengkung menjadi persamaan regresi linear melalui logaritma bilangan pokok 10 atau bilangan pokok normal e, dimana $e = 2,71828$. Cara penyelesaian disajikan pada lampiran 2. Berdasarkan perhitungan tersebut dapat dicari persamaan regresinya yaitu:

$y = 119,98308 (10)^{-0,29777X}$, yang bila digambarkan ke dalam grafik seperti pada Gambar 6.4.



Gambar 6.4 Hubungan antara populasi taman/ha dengan hasil serat berbiji/tanaman

Fungsi hubungan pada Gambar 6.3 dan Gambar 6.4, digunakan untuk perkiraan atau prediksi hasil bila diketahui populasinya.

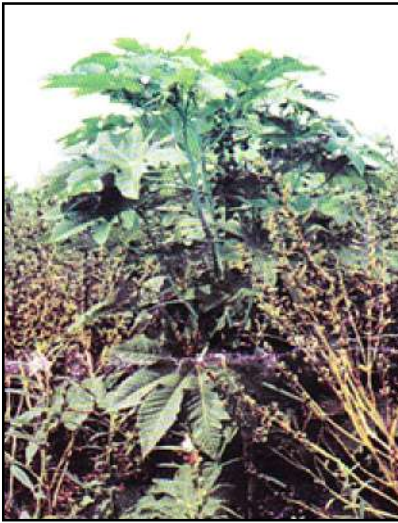
6.2 Bentuk Jarak Tanam

Bentuk jarak tanam yang digunakan akan bergantung kepada faktor-faktor berikut:

a. Arsitektur tanaman atau habitus tanaman

Terdapat dua habitus tanaman yaitu yang berhabitus “indeterminate” (banyak cabang) dan yang “determinate” (tidak bercabang) seperti pada tanaman wijen (*Sesamum indicum L.*) dan kedelai (*Glycine maxL.*) Wijen varietas Pachequino tidak bercabang. Habitus indeterminate membutuhkan jarak tanam longgar, sebaliknya yang determinate jarak tanamnya rapat seperti hasil percobaan jarak tanam di Kebun Percobaan Pasirian, Lumajang (Soenardi, 1996) (Tabel 6.3). Pada Gambar 6.5 disajikan tanaman wijen yang bercabang dan tidak bercabang.

Terlihat bahwa yang bercabang membutuhkan jarak tanam 50 cm x 30 cm sedangkan yang tidak bercabang membutuhkan jarak tanam 50 cm x 20 cm, masing-masing ditumbuhkan dua tanaman perlubang.



Gambar 6.5 Tanaman wijen yang bercabang dan tidak bercabang tumpangsari dengan jarak kepyar (*Ricinuscommunis*)

Tabel 6.3 Pengaruh populasi tanaman terhadap hasil biji varietas wijen

Varietas	Populasi /ha	Hasil bijikg/ha
Sesamindo(bercabang)	200.000	907,36 def*)
	133.000	1105,56 tg
	100.000	960,42 de
	80.000	959,03 de
	66.000	836,81 d
Pachequino(tidak bercabang)	200.000	1333,33 h
	133.000	1220,83 gh
	100.000	1063,89 efg
	80.000	822,22 cd
	66.000	616,67 bc

*Angka yang didampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%; satu lubang tanam berisi dua tanaman

Sumber: Soenardi (1996)

Pada tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus L.*) variteas Hc G 45 memerlukan jarak tanam longgar 60 cm x 40 cm untuk menghasilkan benih (biji) agar tanaman membentuk cabang yang

banyak, karena pada cabang dihasilkan buah (kapsul) yang berisi biji. Bila ditanam untuk menghasilkan serat (untuk pembuatan kemasan karung goni) dibutuhkan jarak tanam rapat 20 cm x 15 cm agar tanaman tidak bercabang, tumbuh lurus ke atas.

b. Kesuburan Tanah

Pada tanah yang subur membutuhkan jarak tanam yang longgar, sebaliknya bila tanahnya miskin jarak tanamnya rapat, sebab habitus pertumbuhan pada tanah subur lebih rimbun sehingga memerlukan ruang tumbuh yang longgar pula. Hasil percobaan jarak tanam yang dilakukan oleh Sastrosupardi (1975) pada tanaman kapas varietas Reba BTK 12 di Kecamatan Gurah, Kediri dan Kecamatan Toroh, Purwodadi disajikan pada Tabel 6.4.

Perbedaan hasil kapas berbiji dari dua lokasi tersebut, salah satunya disebabkan oleh perbedaan kesuburan tanah. Tanah di Gurah lebih subur dibandingkan dengan Toroh. Menurut analisis tanah Pusat Penelitian Tanah (1975) di Gurah mempunyai C = 2,10%, N = 0,49%, P₂O₅ Olsen : 44 ppm, K₂O : 40 mg/100 g, sedang di Toroh : C : 2,0%, N : 0,25%, P₂O₅ Olsen 23 ppm, K₂O : 18 mg/100g).

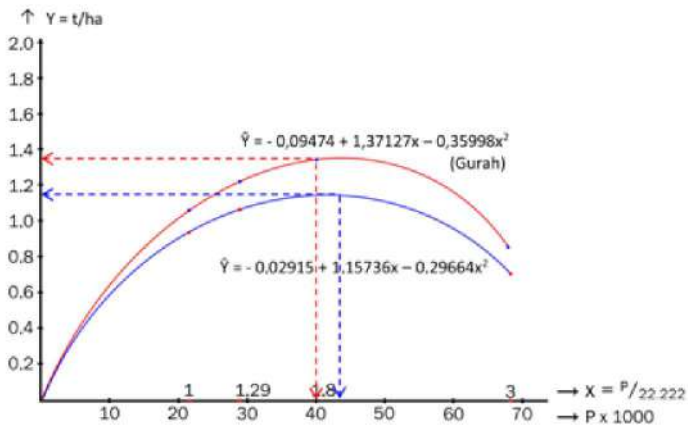
Tabel 6.4 Pengaruh jarak tanam kapas varietas Reba BTK 12 di Kecamatan Gurah, Kediri dan Kecamatan Toroh, Purwodadi

Jarak tanam (cm x cm)	Populasi tanaman per ha	Kapas berbiji (t/ha)	
		Gurah	Toroh
100x45	22 222	0,16	0,75
100x35	28 571	1,15	0,94
100x25	40 000	1,35	1,20
100x15	66 666	0,85	0,60

Keterangan: persamaan regresinya dapat dicari dengan perhitungan seperti lampiran 1

Sumber: Sastrosupadi (1976)

Hasil kapas berbiji untuk setiap jarak tanam di Gurah selalu lebih tinggi dibandingkan dengan di Toroh. Persamaan regresinya dapat dicari dengan perhitungan seperti pada lampiran 1, sehingga garis regresinya dapat digambarkan seperti pada Gambar 6.6.

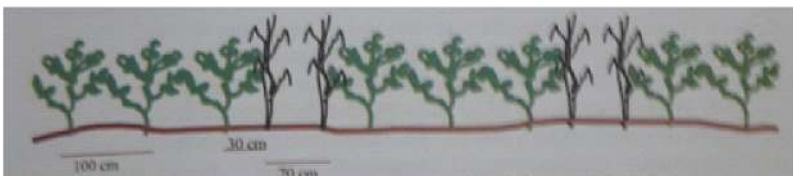


Gambar 6.6 Hubungan antara populasi tanaman dengan hasil kapas berbiji di Gurah dan Toroh

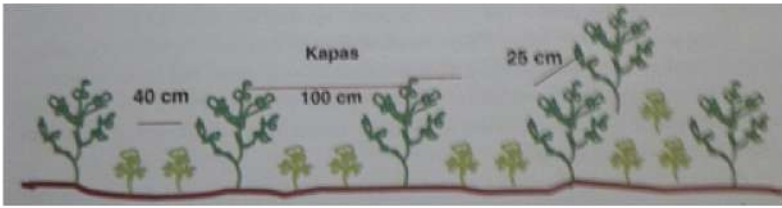
Dari Gambar 6.6. tersebut terlihat bahwa populasi maksimal di Gurah 40.666 tanaman/ha dengan hasil 1,21 t/ha dan di Toroh 43.333 tanaman ha⁻¹ dengan hasil 1,10 t/ha.

c. Sistem tanam

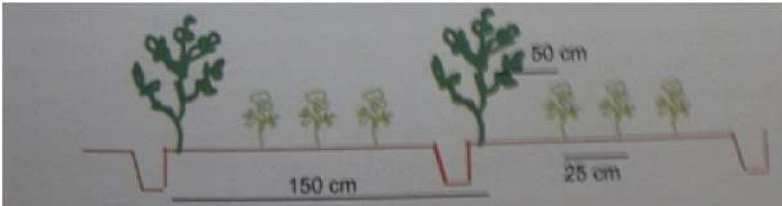
Sistem tanam tumpangsari (*intercropping*) umumnya mempunyai jarak tanaman lebih longgar dibandingkan dengan sistem tunggal (*solecropping*). Sistem tanam tumpangsari kapas dengan kedelai yang dianjurkan oleh Balittas Malang mempunyai tata tanaman seperti terlihat pada Gambar 6.7.



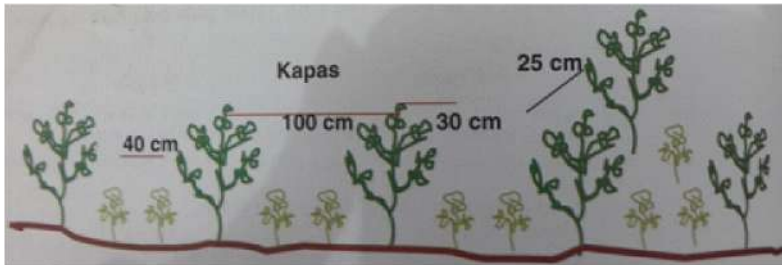
Gambar 6.7a Tumpangsari kapas dan jagung : 3 baris kapas + 2 baris jagung



Gambar 6.7b Tumpangsari kapas dan kacang tanah : 1 baris kapas + 2 baris kacang tanah



Gambar 6.7c Tumpangsari kapas dan kedelai : 1 baris kapas + 3 baris kedelai



Gambar 6.7d Tumpangsari kapas dan kacang hijau : 1 baris kapas + 2 baris kacang hijau

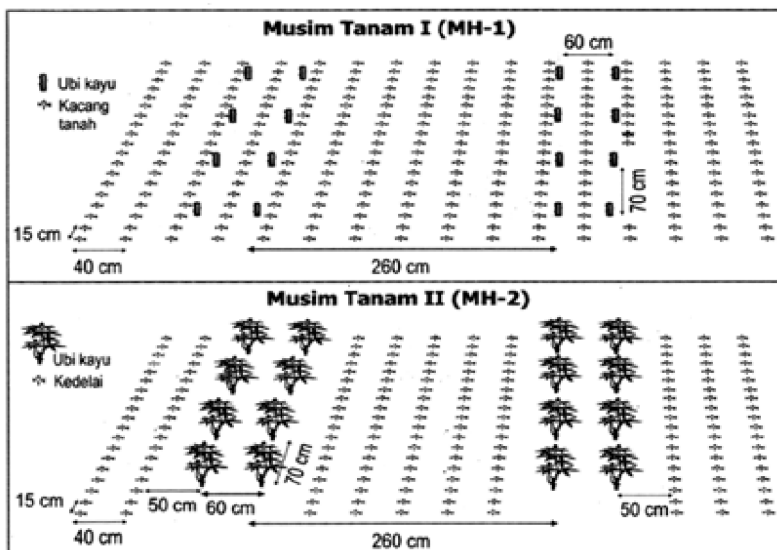
Kelengkapan informasi dari Gambar 6.7 tersebut disajikan pada Tabel 6.5.

Sistem tumpangsari pada tanaman ubi kayu dengan kacang tanah yang dianjurkan oleh Balitkabi Malang disajikan pada Gambar 6.8.

Tabel 6.5 Sistem tanam, tata tanam, dan dosis pupuk pada pola tumpangsari kapas+palawija

Sistem tanam	Tata tanam	Jarak tanam	Dosis pupuk
Kapas + Jagung	3 brs. kapas + 2 brs jagung	Kapas: 100x25 cm (3 tan/lubang) Jagung: 70x20 cm (2 tan/lubang)	Kapas: (100 ZA + 100 urea + 50 SP 36 + 75 KCl) kg/ha Jagung: (150 urea + 50 SP36 + 50 KCl) kg/ha
Kapas + Kedelai	1 brs. kapas + 3 brs kedelai	Kapas: 150x20 cm (1 tan/lubang) Kedelai: 25x20 cm (2 tan/lubang)	Kapas: (100 ZA + 100 urea + 50 SP 36 + 75 KCl) kg/ha Kedelai: 50 kg urea/ha
Kapas + Kc. tanah	1 brs. kapas + 2 brs kc.tanah	Kapas: 100x25 cm (1 tan/lubang) Kc. tanah: 40x15 cm (2 tan/lubang)	Kapas: (100 ZA + 100 urea + 50 SP 36 + 75 KCl) kg/ha Kc. tanah: (50 urea + 50 SP 36) kg/ha
Kapas + Kc. hijau	1 brs. kapas + 2 brs kc. hijau	Kapas: 100x25 cm (1 tan/lubang) Kc. hijau: 40x15 cm (2 tan/lubang)	Kapas: (100 ZA + 100 urea + 50 SP 36 + 75 KCl) kg/ha Kc. hijau: 50 kg urea/ha

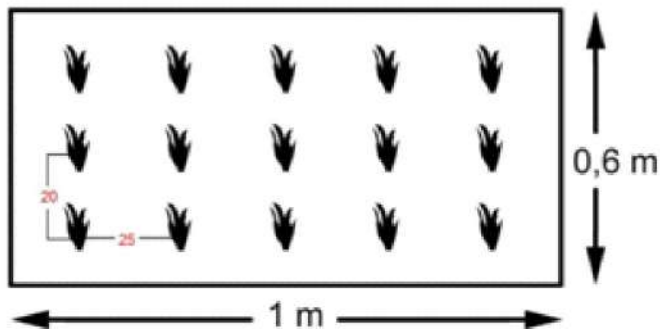
Sumber: Kadarwati (2013)



Gambar 6.8 Tata tanam tumpangsari ubi kayu + kacang tanah (Balitkabi, 2011)

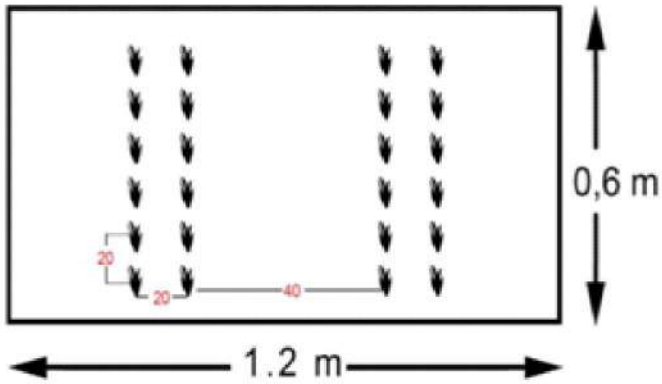
d. Modifikasi Jarak Tanam pada Padi

Jarak tanam konvensional pada tanaman padi beragam antara lain 21 cm x 21 cm, 25 cm x 25 cm, 22 cm x 22 cm, 25 cm x 20 cm dengan 5 – 6 butir per rumpun dan kondisi ini tergantung daerah dan kemauan penanam. Akhir-akhir ini sistem jarak tanam tersebut mengalami modifikasi menjadi sistem jarak tanam legowo. Istilah jarak tanam legowo berasal dari bahasa Jawa, kata “lego” berarti luas dan “dowo” berarti memanjang, sehingga legowo diartikan sebagai cara tanam padi sawah yang memiliki beberapa barisan dan diselingi satu barisan kosong. Barisan tanaman (dua atau lebih) dan baris kosongnya (setengah lebar di kanan dan kirinya) disebut satu unit legowo. Pada prinsipnya sistem jarak tanam legowo mendasarkan fenomena bahwa pertumbuhan tanaman padi yang ada di pinggir petak sawah tumbuh lebih subur dan sehat, malai yang terbentuk lebih panjang dan bernas. Pada Gambar 6.9a sampai dengan 6.9f disajikan berbagai bentuk jarak tanam dari sistem jarak tanam legowo.



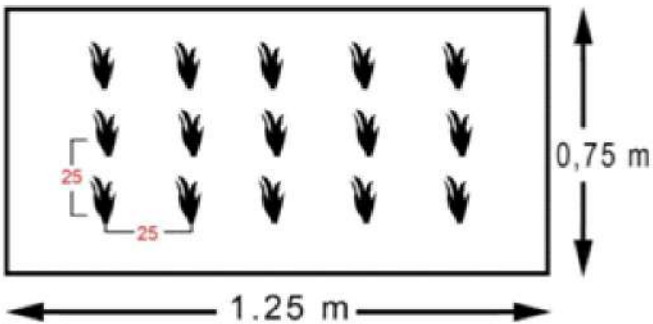
Gambar 6.9a Jarak tanam konvensional 25 cm x 20 cm

Jarak tanam konvensional 25 cm x 20 cm ukuran petak 1 m x 0,6 ($=0,6 \text{ m}^2$) banyaknya rumpun = $0,6 \text{ m}^2 / (0,25 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}) = 15$ rumpun. 1 ha. berisi = $10.000 \text{ m}^2 / 0,6 \text{ m}^2 \times 15 = 250.000$ rumpun



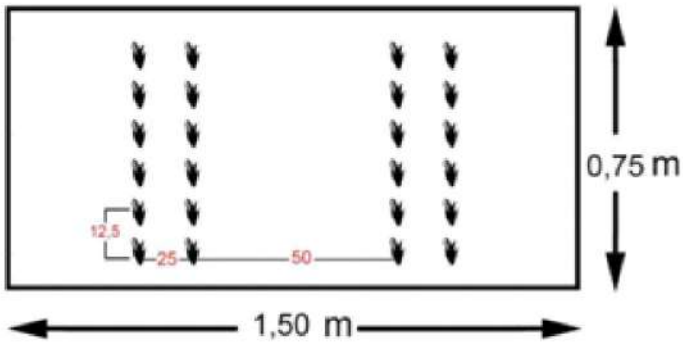
Gambar 6.9b Jajar Legowo 2 : 1 jarak tanam (20cm x 20cm) x 40 cm (satu unit)

Sistem jajar legowo 2:1 terdapat 2 unit jajar legowo dengan jarak tanam (20 cm x 20 cm) x 40 cm setiap unit berisi 24 rumpun. Ukuran petak satu unit 1,2 m x 0,6 m = 0,72 m² berisi 24 rumpun. 1 ha berisi = $10.000 \text{ m}^2 / 0,72 \text{ m}^2 \times 24 = 333.333$ rumpun. Kenaikan populasi = $333.333 - 250.000 = 83.337$ rumpun (33,33%)



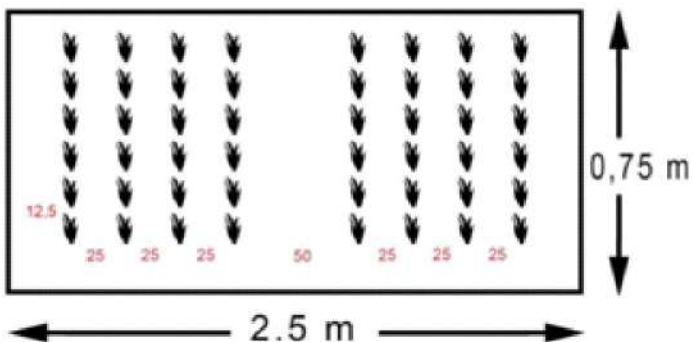
Gambar 6.9c Jarak tanam konvensional 25 cm x 25 cm

Jarak tanam konvensional 25 cm x 25 cm ukuran petak satu unit 1,25 m x 0,75 m (0,94 m²) berisi 15 rumpun. 1ha berisi $10.000 \text{ m}^2 / 0,94 \text{ m}^2 \times 15 = 160.000$ rumpun.



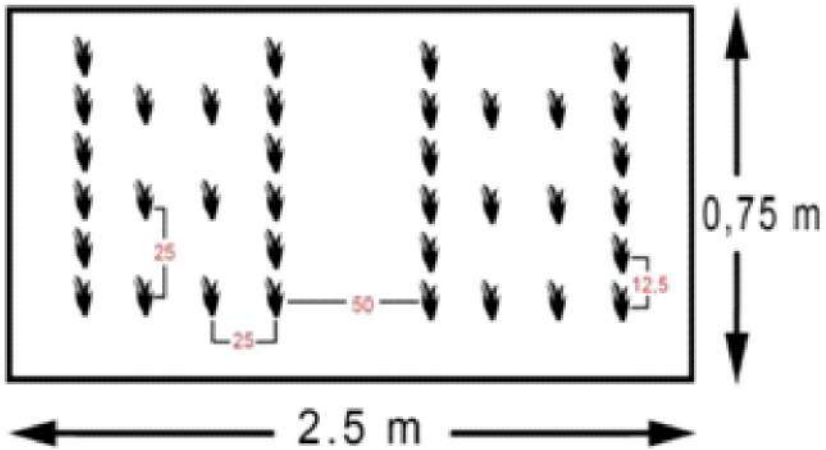
Gambar 6.9d Jajar Legowo 2 : 1 jarak tanam (25cm x 12,5cm) x 50 cm (satu unit)

Sistem jajar legowo 2:1 terdapat 2 unit jajar legowo dengan jarak tanam (25 cm x 17,5 cm) x 50 cm, setiap unit berisi 24 rumpun. Ukuran petak satu unit 1,5 m x 0,75 m = 1,125 m² berisi 24 rumpun. 1 ha berisi (10.000 m²/1,25m² x 24 = 213.333 rumpun, kenaikan populasi = 213.333 – 160.000 = 53,373 rumpun (33,33%).



Gambar 6.9e Jajar Legowo 4 : 1 tipe 1 jarak tanam (25 cm x 12,5cm) x 50 cm (satu unit)

Sistem Jajar legowo 4:1 dengan jarak tanam (25 cm x 12,5 cm) x 50 cm, ukuran petak satu unit 2,5 m x 0,75 m = 1,875 m² berisi 48 rumpun. 1 ha berisi 10.000 m²/1,875 m² x 48 = 265.000 rumpun. Kenaikan populasi = 256.000 – 160.000 = 960.000 populasi (60%)



Gambar 6.9f Jajar Legowo 4 : 1 tipe 2 jarak
 jarak tanam (25 x 12,5 cm) x 50 cm (satu unit)

Sistem jajar legowo 4:1 tipe 2 terdapat 2 unit jajar legowo dengan jarak tanam (25 cm x 12,5 cm) x 50 cm setiap unit berisi 36 rumpun ukuran petak satu unit $2,5 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} = 1,875 \text{ m}^2$ berisi 36 rumpun. 1 ha berisi $10.000 \text{ m}^2 / 1,875 \text{ m}^2 \times 36 = 192.000$ rumpun. Kenaikan populasi = $192.000 - 160.000 = 32.000$ rumpun (20%).

Ternyata dengan sistem jajar legowo selain dapat meningkatkan populasi juga mampu menambah ruangan terbuka seluas 25 – 50%, sehingga tanaman dapat menerima radiasi matahari secara optimal yang bermanfaat dalam proses fotosintesis. Dengan demikian diharapkan tanaman yang berada di pinggi mampu tumbuh lebih baik sehingga dapat berproduksi lebih tinggi pula. Tipe jajar legowo man yang digunakan tergantung pada beberapa faktor, tetapi yang penting yaitu pada tanah yang subur jarak tanam lebih longgar daripada yang kurang subur. Saat ini sistem jajar legowo sudah mulai diadopsi oleh petani padi, bahkan juga digunakan pada jagung, tebu, dan ketela pohon seperti terlihat pada Gambar 6.10. Banyak petani yang sudah merasakan manfaat dan keuntungannya dengan menggunakan sistem jajar legowo (Abdulrachman *dkk.* 2015).

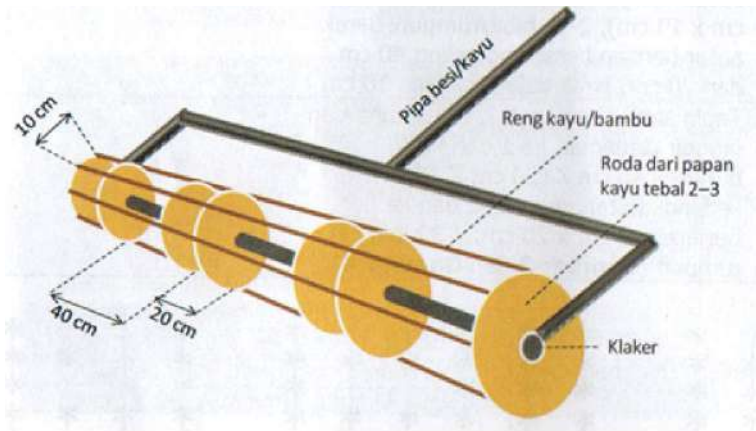


Gambar 6.10 Jajar legowo pada tanaman padi, ketela pohon, dan tebu

Menurut Sembiring (2001), sistem tanam legowo merupakan salah satu komponen PTT padi sawah yang apabila dibandingkan dengan sistem tanam lainnya memiliki keuntungan sebagai berikut:

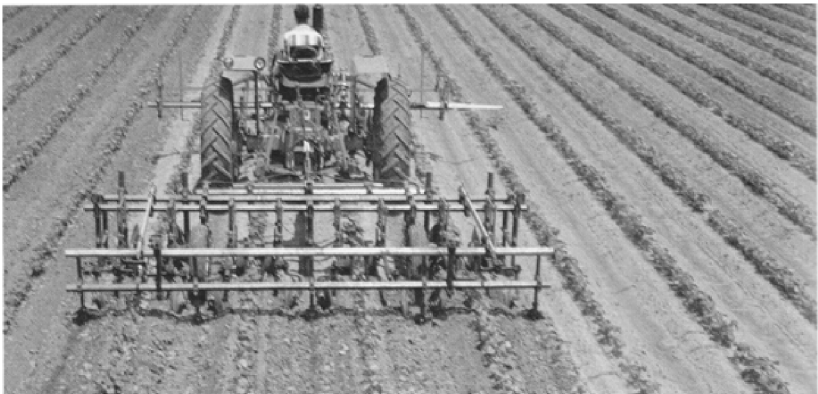
- (1) Sistem tanam berbaris ini member kemudahan petani dalam pengelolaan usahatannya seperti: pemupukan susulan, penyiangian, pelaksanaan pengendalian hama dan penyakit (penyemprotan). Disamping itu juga lebih mudah dalam mengendalikan hama tikus.
- (2) Meningkatkan jumlah tanaman pada kedua bagian pinggir untuk setiap set legowo, sehingga berpeluang untuk meningkatkan produktivitas tanaman akibat peningkatan populasi.
- (3) Sistem tanam berbaris ini juga berpeluang bagi pengembangan sistem produksi padi – ikan (mina padi) atau parlebek (kombinasi padi, ikan, dan bebek).
- (4) Meningkatkan produktivitas padi hingga mencapai 10 – 15%. Demoplot dengan inovasi teknologi Pengelolaan Tanaman Padi Sawah Secara Terpadu di Bakorwil Madiun ternyata dapat meningkatkan produktivitas secara nyata di Kabupaten Madiun selama empat tahun berturut mengalami surplus produksi. Kelompok Tani Tunas Makmur, Kecamatan Wonosari dengan areal percontohan seluas 50 ha dapat menghasilkan padi (Gabah Kering Panen) 11,7 ton/ha dengan menanam varietas Inpari Sidenuk, sedangkan rata-rata di Kabupaten Madiun hanya 6,4 ton/ha Gabah Kering Panen (Kompas,29-10-2012,hlm.22).

Pada Gambar 6.11 disajikan alat tanam jajar legowo (Atajale) 2 : 1 dengan jarak tanam (21 cm x 10 cm) x 40 cm (BPTP Jatim, 2012)



Gambar 6.11 Alat tanam jajar legowo (atajale 21)

- e. Penggunaan Alat-alat atau Mesin Pertanian
 Bila penanaman dilakukan dengan mesin (traktor) maka jarak tanam yang digunakan sesuai dengan sistem roda traktor seperti terlihat pada Gambar 6.12.



Gambar 6.12 Penggunaan traktor pada tanaman kapas di Amerika Serikat

Jarak tanam akan selalu dinamis sejalan dengan kegiatan bidang-bidang lain seperti pemuliaan, pemupukan, mekanisasi. Setiap ada varietas baru hasil pemuliaan tanaman, maka perlu diketahui jarak tanamnya yang tentunya berbeda dengan varietas yang terdahulu.

Demikian pula dengan kegiatan bidang-bidang yang lainnya. Dengan demikian jarak tanam bagi tanaman merupakan hal yang spesifik lokasi dan sebaiknya dicari melalui percobaan disetiap sentra pengembangan.

Ada dua pertimbangan dalam menentukan jarak tanam dan populasi tanaman, yaitu:

- a. Bila sudah ditentukan jarak antar baris, maka populasi tanaman per hektar dapat ditingkatkan melalui gradasi jarak dalam baris seperti pada Tabel 6.6.

Tabel 6.6 Jarak antar baris sama dan jarak dalam baris bergradien

Jarak tanam cm x cm	Jumlah Tanaman (per hektar)	Permebdaan populasi (per hektar)
80 x 45	27777	
80 x 40	31250	3473
80 x 35	35714	4464
80 x 30	41666	5932
80 x 25	50000	8334

Keuntungan penentuan jarak tanam seperti di atas memudahkan menentukan petak tanam yang memenuhi kelipatan persekutuan terbesar (KPT)

$$\begin{aligned}
 45 \text{ cm} &= 3^2 \cdot 5 & \text{KPT} &= 2^3 \cdot 3^2 \cdot 5^2 \cdot 7 \\
 40 \text{ cm} &= 2^3 \cdot 5 & &= 12600 \text{ cm} \\
 35 \text{ cm} &= 5 \cdot 7 & &= 126 \text{ cm} \\
 30 \text{ cm} &= 2 \cdot 3 \cdot 5 & & \\
 25 \text{ cm} &= 5^2 & &
 \end{aligned}$$

Untuk ukuran petak atau plot percobaan mempunyai panjang 126 m yang habis dibagi oleh setiap jarak dalam baris, sedangkan lebar petak adalah lebar yang habis dibagi jarak antar baris, yaitu habis dibagi 80 cm. Bila yang dipanen tanaman yang ditengah minimal 3 baris, maka ukuran lebar petak $5 \times 0,8 \text{ m} = 4 \text{ m}$, ukuran petak bruto

adalah $4 \text{ m} \times 126 \text{ m} = 504 \text{ m}^2$. Ukuran petak neto mempunyai lebar $3 \times 0,8 \text{ m} = 2,4 \text{ m}$ dan panjang petak tergantung dari jarak dalam baris karena jarak dalam baris bervariasi dan inilah yang digunakan untuk konversi hasil ke hektar.

Penentuan jarak dalam baris tersebut menghasilkan ukuran petak atau plot terlalu luas yaitu 504 m^2 dan ini terlalu luas untuk skala percobaan. Bila jarak dalam baris ditentukan 50; 40; 30 dan 20 cm, maka:

$$\begin{aligned} \text{KPT} : 50 &= 2 \cdot 5^2 \\ 40 &= 2^3 \cdot 5 \\ 30 &= 2 \cdot 3 \cdot 5 \\ 20 &= 2^2 \cdot 5 \end{aligned}$$

Ukuran panjang plot : $2^3 \cdot 3 \cdot 5^2 = 600 \text{ cm} = 6 \text{ m}$, sehingga ukuran petak percobaan neto menjadi $4 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ (neto) dan cukup ideal.

- b. Populasi ditentukan dengan interval teratur seperti pada Tabel 6.7.

Tabel 6.7 Jarak antar baris sama dan populasi bergradien dengan interval yang sama

Populasi tanaman (per hektar)	Jarak tanam (cm x cm)
25.000	80 x 50
35.000	80 x 36
45.000	80 x 28
55.000	80 x 23

Keteraturan populasi dengan interval 10.000 tanaman menyebabkan jarak tanam menjadi tidak beraturan

$$\begin{aligned} \text{KPT} : 50 &= 2 \cdot 5^2 \\ 36 &= 2^2 \cdot 3^2 \\ 28 &= 2^2 \cdot 7 \\ 23 &= 23 \end{aligned}$$

$$\text{KPT} : 2^2 \cdot 3^2 \cdot 5^2 \cdot 7 \cdot 23 = 144.900 \text{ cm} = 1449 \text{ m.}$$

Penentuan populasi yang teratur dengan jarak antar baris 80 cm menyebabkan jarak dalam baris tidak teratur dan ukuran petak percobaan netto menjadi $4 \text{ m} \times 1449 \text{ m} = 5796 \text{ m}^2$. Ukuran petak seluas ini masih terlalu besar untuk skala percobaan. Dari informasi tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa dalam percobaan jarak dan populasi tanaman per satuan luas atau per hektar perlu kecermatan penentuan jarak dan populasi tanaman, agar diperoleh ukuran petak yang tidak terlalu luas, sehingga jalannya percobaan dapat terkontrol dengan baik.

BAB VII PENGENDALIAN GULMA

7.1 Definisi Gulma

Terdapat beberapa definisi mengenai gulma (*weed*), setiap penulis memberi definisi yang berbeda-beda, tetapi pada intinya sama. Berbagai definisi menurut beberapa penulis yaitu:

- a. Gulma adalah tanaman yang tumbuh di tempat dan waktu yang salah (Rissler dan Mellon, 1996).
- b. Gulma adalah tanaman yang tumbuh di luar tempatnya, tidak dikehendaki, dan tidak berguna (Venkateswarlu, 2004).
- c. Gulma adalah tumbuhan yang tumbuh di tempat-tempat yang tidak diinginkan.

7.2 Sifat-sifat Gulma

- a. Mudah berkembangbiak (prolifik), persisten dan dorman di dalam tanah.
- b. Merupakan pesaing (*competitor*) bagi tanaman utama atau yang diusahakan dalam memperoleh ruang, cahaya, air, dan nutrisi
- c. Mudah beradaptasi pada tanah-tanah yang sudah rusak

7.3 Keberadaan Gulma

Dilihat dari keberadaan gulma di pertanaman yang diusahakan dapat merugikan atau menguntungkan
Merugikan:

- a. Seringkali menjadi inang tertentu bagi hama dan penyakit antara lain: gerinting (*Cynodondactylon*), merupakan inang bagi (*Rhizocfoniasolani* dan penggerek buah; teki (*Cyperusrotundus*), merupakan inang bagi *R. solani*, *Verticiliumdahliae*, dan nematoda puru akar; jajagoan (*Echinochloacrusgalli*) merupakan inang bagi *R. solani* dan *V. dahliae*.
- b. Beberapa jenis gulma menghasilkan zat racun (Allelopati) seperti teki, alang-alang dan jambe-jambean.

- c. Sebagai pesaing tanaman utama dalam mendapatkan ruang, cahaya matahari, air dan nutrisi. Menurut Mandal (1990) kerugian tanaman pertanian yang disebabkan oleh gulma, serangga, penyakit dan hama-hama lainnya masing-masing sebesar 45, 30, 20 dan 5%, sedangkan menurut Cholid *dkk.* (1999), penurunan produksi kapas oleh gulma sebesar 35-89%, pada tanaman kedelai dan kacang hijau berkisar 45-70%.
- d. Gulma *C. rotundus*, *Phylanthus ninuri*, *Fimbristylis miliaceae*, dan *Eulisine indica* dapat menularkan kembali (reinokulasi) virus tungro pada tanaman padi seperti pada Gambar 7.1 (Anonim, 2012).



Gambar 7.1 Jenis gulma yang dapat menularkan kembali (reinokulasi) virus tungro pada tanaman padi; (a) *Phylanthus ninuri*, (b) *Eulisine indica*, (c) *Cyperus rotundus*, dan (d) *Fimbristylis miliaceae*.

- e. Mengisi parit-parit, pertamanan, halaman pemukiman dan habitat kehidupan tanaman liar.

Menurut Bhan (*dalam* Venkateswarlu, 2003) besarnya kerugian hasil yang disebabkan oleh gulma disajikan pada Tabel 7.1.

Tabel 7.1 Persen kehilangan hasil akibat gangguan gulma pada berbagai tanaman

Jenis Tanaman	% kehilangan hasil
Padi	42
Gandum	16
Jagung	40
Millet	29
Kedelai	30
Kacang Tanah	34
Tebu	34
Kapas	47
Bawang	68
Kentang	20

Menguntungkan:

- a. Seringkali merupakan tumbuhan pertama yang dapat tumbuh pada tanah-tanah terlantar, misalnya bekas pertambangan timah, batubara dan mencegah erosi.
- b. Gulma dari golongan leguminosae dapat meningkatkan N tanah melalui bakteri fiksasi N.
- c. Dapat menambah bahan organik tanah bila ditanam ke dalam tanah.
- d. Dapat sebagai mulsa bila dihamparkan pada permukaan tanah.
- e. Sebagai media hidup predator (*Paedorus*, *Coccinella*, laba-laba, *Chrisopa*) pada tanaman kapas (Cholid dkk. 2000).
- f. Pada tanaman kapas ada gulma yang merupakan terminal yang baik bagi parasitoid, serangga penyerbuk, dan beberapa predator (Soebandrijo, 2003)

7.4 Penggolongan/Pengelompokan Gulma

Terdapat beberapa pengelompokan gulma berdasarkan berbagai sifatnya yaitu:

- a. Berdasarkan umurnya gulma di kelompokkan menjadi :
 - 1) Gulma setahun : *Chemopodium album* (Pig-

- weed), *Ambrosiasp.* (Ragweed),
Portulacaoleracea (Purslane)
- 2) Gulma umur dua tahun : *Asparagus Racemosusu* (Wild carrot)
- 3) Gulma tahunan : *Cyperus*sp. (Nutsedge), *Cynodondactylon* (Bermuda grass)

b. Berdasarkan ciri kotiledon

Dilihat dari bentuk daunnya maka gulma yang umumnya terdapat di lahan pertanian dapat digolongkan menjadi:

1. Gulma berdaun lebar (dikotil)
 - *Euphorbiahirta* (*Euphorbiaceae*; Gendong anak-Indonesia; Patikan-Jawa; Gelang susu-Sunda; *Spruqe*-Inggris),
 - *Amaranthus spinosus* (*Amaranthaceae*; Bayem-Indonesia, Jawa, Sunda; Tarnaya lakek-Madura)
 - *Portulaca grandiflora* (*Portulacaceae*; Krokot-Jawa; Gelang-Sunda; Sereyan-Madura)
2. Gulma berdaun sempit (monokotil) digolongkan menjadi berdaun sempit (rerumputan) dan teki-tekian:
 - Golongan rerumputan (*Gramineae*)
 - Cynodondactylon* (Grinting-Indonesia, Jawa; Garinteng-Madura; Garinteng-Sunda)
 - Digitariasanguinalis* (Genjora-Jawa; Poteyan-Madura; Tiirjangkrik-Sunda)
 - Eleusineindica* (Rumput belulang-Indonesia; Jukut carulang-Sunda; Rebtia mangbuk-Madura)
 - Golongan teki-tekian
 - Cyperusrotundus* (*Cyperaceae*; Teki-Jawa, Sunda, Indonesia; Mota-Madura). Gulma golongan ini umum dijumpai di lahan pertanian dan termasuk gulma yang sulit dikendalikan, karena berumbi, masuk kedalam tanah dan dorman.

Masih banyak penggolongan lain seperti digolongkan berdasarkan organ pembiakannya: dengan biji, bulb/tuber, rhizome, stolon.

Berdasarkan agen penyebarannya: dengan air, angin, manusia, hewan, alat-alat pertanian, pupuk kandang, kompos, kotoran sapi dan rumenansia kecil.

7.5 Periode Kritis Tanaman Terhadap Gulma

Stadium awal dari tanaman atau permulaan tumbuh merupakan periode kritis atau sangat peka terhadap pengaruh gulma artinya kerugian karena kehilangan hasil sangat besar akibat gulma sebagai pesaing (*competitor*). Periode kritis berbagai tanaman disajikan pada Tabel 7.2.

Tabel 7.2 Periode kritis tanaman akibat gangguan gulma

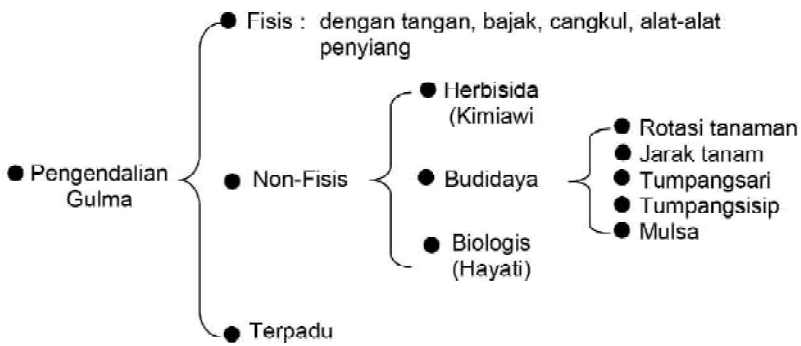
Jenis Tanaman	Lamanya periode kritis atau bebas gulma (minggu)
Padi	6
Sorghum	5
Jagung	6
Kacang tanah	7
Jarak	9
Kapas	8
Wijen	5
Bheat	5
Pearlmillet	4

*) Sumber Venkateswarlu (2004)

Setelah periode kritis tercapai, maka dapat dikatakan gulma sudah tidak berpengaruh lagi terhadap hasil tanaman. Mengetahui periode kritis ini penting agar dapat dicari alternatif cara-cara pengendalian gulma, terutama pengendalian gulma secara terpadu.

7.6 Pengendalian Gulma

Secara skematis pengendalian gulma disajikan pada bagan berikut:



- a. Pengendalian secara Fisis (mekanis)

Pengendalian gulma secara fisis atau mekanis yaitu dengan menggunakan tangan seperti pada tanaman padi (Jawa : Matun), alat penyiang landak (osrok), cangkul kecil (koret), garpu dan alat penyiang yang dibuat oleh Balai Penelitian. Pada umumnya dengan cara mekanis memerlukan biaya mahal seperti yang dialami pada tanaman kapas tumpangsari dengan kedelai di lahan sawah sesudah padi memerlukan tenaga kerja 50-70 hari orang kerja (HOK) per hektar.
- b. Pengendalian secara Kimiawi (menyemprot dengan herbisida)

Herbisida adalah bahan kimia yang dapat mematikan atau menghambat pertumbuhan tanaman, terutama gulma. Berdasarkan waktu aplikasi penyemprotan herbisida digolongkan menjadi tiga kelompok yaitu:

 - 1) Herbisida pra tanam (*preplanting*) yaitu disemprotkan kepada gulma yang sedang tumbuh sebelum tanam. Biasanya digunakan pada tanpa atau pengolahan tanah minimum.
 - 2) Pra tumbuh (*preemergence*) disemprotkan sebelum gulma dan tanaman bercambah.
 - 3) Pasca tumbuh (*postemergence*), disemprotkan setelah gulma dan tanaman tumbuh.

Sekarang sudah banyak diproduksi herbisida oleh berbagai perusahaan pestisida dengan nama dagang dan nama bahan aktifnya

seperti *Roundup* (b.a. glifosat), *Gramoxone* (b.a. paraquat), *Dual 500 EC* (b.a. metalachlor), *Paracol* (b.a. paraquat dan diuron), *Totacol* (b.a. paraquat dan diuron) dan sebagainya.

Keuntungan pemakaian herbisida antara lain:

- 1) Menekan biaya penyiangan karena menghemat waktu dan tenaga kerja dan banyak digunakan pada daerah-daerah yang kekurangan tenaga kerja.
- 2) Penyemprotan herbisida dapat disesuaikan dengan waktu yang tersedia asal tidak melebihi dari seperempat atau sepertiga umur tanaman. Bila telah berumur satu bulan dapat disemprot secara pasca tumbuh.
- 3) Sering terjadi penyiangan secara mekanis dalam barisan tanaman sulit dilakukan dan dapat merusak akar tanaman, maka pemakaian herbisida yang selektif dapat dilakukan.
- 4) Pada sistem tanpa olah tanah sering dikombinasikan dengan penyemprotan herbisida.
- 5) Mengurangi kerusakan struktur tanah, gulma yang mati dapat berfungsi sebagai mulsa.

Selain mempunyai keuntungan pemakaian herbisida juga dapat mempunyai akibat sampingan, antara lain:

- 1) Dapat mempengaruhi proses fisiologis tanaman dan hewan karena herbisida juga dapat sebagai racun.
- 2) Sering mempunyai efek residu bagi tanaman berikutnya.
- 3) Dapat mencemari lingkungan (polusi)

c. Pengendalian secara budidaya (kultur teknik)

Pengendalian gulma secara budidaya yaitu dengan menerapkan cara-cara bertanam antara lain:

- 1) Rotasi Tanaman, seperti pola tanam yang terdapat pada lahan sawah. Pola tanam padi-jagung-kedelai atau padi-padi-kedelai dapat mengurangi jenis atau jumlah gulma, karena adanya penggenangan pada tanaman padi dapat mematikan

gulma, sehingga gulma yang tumbuh setelah tanam berkurang.

- 2) Mengatur Jarak Tanam agak rapat sehingga pertumbuhan gulma terganggu karena tidak mendapat ruang tumbuh yang optimum dalam mendapatkan cahaya maupun kompetisi nutrisi.
- 3) Penggunaan Mulsa Plastik atau Serasah dapat menekan pertumbuhan gulma.
- 4) Penggunaan Tanaman Penutup Tanah seperti *Calopogonium*, *mucunoides*, *Centrosema pubescens*, *Pueraria phaseoloides*, *Pueraria javanica* dan sebagainya. Biasanya tanaman-tanaman penutup tanah ini digunakan pada tanaman perkebunan seperti karet, kelapa dan kelapa sawit.

d. Pengendalian secara biologis atau hayati

Dalam rangka tidak menggunakan bahan kimia yaitu herbisida, sekarang mulai dirintis pengendalian gulma dengan menggunakan musuh-musuh alami atau agensia hayati (bio-agents). *Biological Control Centre* dari ICAR (*Indian Council of Agricul-*

Tabel 7.3 Insekta yang digunakan memberantas gulma di India

Gulma	Insekta
<i>Opuntia dileni</i> (<i>Prickly pear</i>)	<i>Dactylopius opuntiae</i> (<i>Cockerel</i>)
<i>Opuntia vulgaris</i> (<i>Drooping prickly pear</i>)	<i>Dactylopius celoniyus</i> (<i>Green</i>)
<i>Eichhornia crassipes</i> (<i>water hyacinth</i>)	<i>Neochetina bruchii</i> , <i>N. eichhorniae</i>
<i>Salvania molesta</i> (<i>water fern</i>)	<i>Cytobagous sarviniae</i>
<i>Cyperus rotandus</i> (<i>Nutsedge</i>)	<i>Athesapacuta cyperi</i> dan <i>Bactra venosana</i> (<i>Kumbang penggerak batang</i>) dan rizoma
<i>Loranthes sp.</i>	<i>Dalias hyparete</i>
<i>Parthenium sp.</i>	<i>Sclerotium rolfsii zygoqrama</i> , <i>Bicolorata</i>

*)Sumber : Venkateswarlu, 2004

tural Research) dan Bangalore merintis penggunaan insekta untuk memberantas gulma seperti Tabel 7.3.

Pengendalian secara biologis di Indonesia lamban sekali karena ada beberapa kendala seperti antara lain kesulitan memperbanyak musuh alami.

e. Pengendalian secara terpadu

Pengendalian secara terpadu yaitu pengendalian gulma dengan mengkombinasikan berbagai cara pengendalian gulma yang disebutkan di atas, seperti mula-mula disemprot dengan herbisida, beberapa minggu kemudian dilakukan penyiangan secara manual. Pada prinsipnya pengendalian gulma secara terpadu ini adalah meningkatkan produktivitas tanaman yang diusahakan dan juga melestarikan dan meningkatkan daya dukung lingkungan secara berkelanjutan (*sustainable*).

7.7 Hasil Penelitian

Pada Tabel 7.4 disajikan hasil penelitian gulma pada tanaman kacang tanah di lahan petani Kecamatan Merak Urak, Tuban tahun 1991 oleh Harsono dan Rahmianna (1991).

Tabel 7.4 Pengaruh cara pengendalian gulma terhadap hasil polong kacang kering varietas kelinci

Cara Pengendalian Gulma	Hasil Polong Kering(t/ha)
a. Tidak disiang	1,31 d*)
b. Disiang pada umur 21 dan 37 hari	2,21 a
c. Disiang pada umur 21 hari	1,89 c
d. Alakhlor 2 l/ha pra-tumbuh	2,08 b
e. Alakhlor 2 l/ha pra-tumbuh dan disiang umur 37 hari	1,96 c

*)Angka rata-rata yang didampingi oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%.

Sumber: Harsono dan Rahmianna (1991)

Meskipun dengan penyiangan intensif yaitu perlakuan b menghasilkan produktivitas tertinggi, namun karena biayanya mahal, maka perlakuan d yang hanya disemprot dengan herbisida Alaklor 2 l/ha pra-tumbuh masih cukup menghasilkan polong kacang yang tinggi. Gulma yang ada di lahan percobaan yaitu *Portulacasp.*, *Cyperusrotundus*, Patri emas (nama lokal), Lamuran (nama lokal), *Amaranthus sp.*, *Cynodondactylon*.

Pada Tabel 7.5 disajikan pengaruh pengendalian gulma terhadap bobot kering gulma dan hasil biji kering kedelai varietas Anjasmoro di desa Dadaprejo, Junrejo, Batu pada bulan Juli-September 2007 (Sebayang dan Wirawan, 2011).

Tabel 7.5 Pengaruh pengendalian gulma terhadap bobot kering gulma dan bobot kering biji kedelai

Pengendalian Gulma	Bobot kering gulma umur 40 hst (g/50 cm x 50 cm)	Bobot kering biji kedelai (t/ha)
1. Tanpa penyiangan	23,947 c	2,14 b
2. Herbisida oksifluorfen 2 l/ha	12,223 b	2,27 a
3. Herbisida oksadiazon 1 l/ha	12,059 b	2,00 c
4. Penyiangan 21 dan 42 hst	5,987 a	2,26 a

*) Keterangan:Oksifluorfen-pratumbuh, disemprotkan satu hari sebelum benih kedelai ditanam. Oksadiazon-purna tumbuh, disemprotkan pada 4mst. Penyiangan secara mekanis pada umur 21 dan 42 hst. Angka yang didampingi oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada BNT 5%.

Sumber: Sebayang dan Wirawan (2011)

Penyiangan secara mekanis pada umur 21 dan 42 hst dapat menekan gulma paling bagus, sedangkan hasil kering bagi kedelai varietas Anjasmoro dengan penyiangan maupun disemprot dengan herbisida pra tumbuh tidak menunjukkan perbedaan. Tinggal dianalisis lebih lanjut bagaimana biaya yang dikeluarkan, lebih mahal dengan cara mekanis atau dengan penyemprotan herbisida.

Pengendalian gulma dengan perlakuan jarak tanam yang dikombinasikan dengan pemupukan dengan pupuk kandang pada jagung manis super sweet corn telah dilaksanakan Kelurahan Klasaman, Sorong, Papua Barat pada bulan Mei-Agustus 2008 oleh Maruapey (2012) dan hasilnya disajikan pada Tabel 7.6.

Tabel 7.6 Pengaruh jarak tanam dan pupuk kandang terhadap berat kering gulma dan berat tongkol jagung

Jarak tanam cm x cm	Pupuk kandang	Berat kering gulma (g/m ²)	Berat tongkol layak jual (t/ha)
100 x 40 <small>(25.000 ton/ha)</small>	Kontrol	13,4 b*)	6,13 h
60 x 60 <small>(27.777 ton/ha)</small>		9,2 ef	6,83 g
75 x 25 <small>(53.333 ton/ha)</small>		12,2 bcd	6,54 gh
100 x 40 <small>(25.000 ton/ha)</small>	Pupuk kandang sapi 5t/ha	18,8 a	8,23 f
60 x 60 <small>(27.777 ton/ha)</small>		11,0 cd	8,56 f
75 x 25 <small>(53.333 ton/ha)</small>		12,4 bc	9,14 e
100 x 40 <small>(25.000 ton/ha)</small>	Pupuk kandang kambing 5t/ha	13,4 b	9,30 e
60 x 60 <small>(27.777 ton/ha)</small>		9,0 f	9,92 cd
75 x 25 <small>(53.333 ton/ha)</small>		10,6 de	9,38 de
100 x 40 <small>(25.000 ton/ha)</small>	Pupuk kandang ayam 5t/ha	11,6 cd	10,59 b
60 x 60 <small>(27.777 ton/ha)</small>		6,7 g	11,57 a
75 x 25 <small>(53.333 ton/ha)</small>		8,1 fg	10,33 bc

*) Angka yang didampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada BNT 5%.

Sumber: Maruapey (2012)

Dari Tabel tersebut terlihat adanya interaksi jarak tanam dengan macam pupuk kandang dan kombinasi jarak tanam x pupuk kandang ayam yang paling menekan pertumbuhan gulma. Kerapatan tanaman 27.777 tanaman / ha dan 53.333 tanaman / ha adalah kerapatan yang paling menekan pertumbuhan gulma.

Pada Tabel 7.7 disajikan hasil pengendalian gulma secara terpadu pada tanaman kapas tumpangsari dengan kedelai yang telah dilaksanakan oleh Mulyaningsih *dkk.* (2002)

Tabel 7.7 Pengaruh pengendalian gulma terpadu terhadap hasil kapas dan kedelai

Perlakuan	Hasil kapas kg/ha	Hasil kedelai kg/ha
A. Alaklor, mulsa + mekanis 1x	464 ab	1581 cd
B. Alaklor + mekanis 1x	509 bc	1647 cd
C. Oksifluorfen + mulsa + mekanis 1x	691 cd	1711 d
D. Oksifluorfen + mekanis 1x	735 d	1428 bc
E. Mulsa + mekanis 1x + methyl halozifop	596 b-d	1606 cd
F. Mulsa + mekanis 2 x	745 d	1705 d
G. Oksifluorfen + methyl halozifop	596 b-d	1350 b
H. Tanpa penyiangan	311 a	880 a

*) Angka yang didampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNT5%.

Sumber: Mulyaningsih *dkk.* (2002)

Dari Tabel tersebut terlihat bahwa perlakuan F adalah yang paling efektif karena adanya peran mulsa dan penyiangan pada umur 3 dan 6 minggu setelah tanam. Ternyata mulsa dapat menekan gulma, mengurangi penguapan air tanah dan juga tempat (inang) bagi musuh-musuh alami hama kapas.

BAB VIII

PUPUK DAN PEMUPUKAN

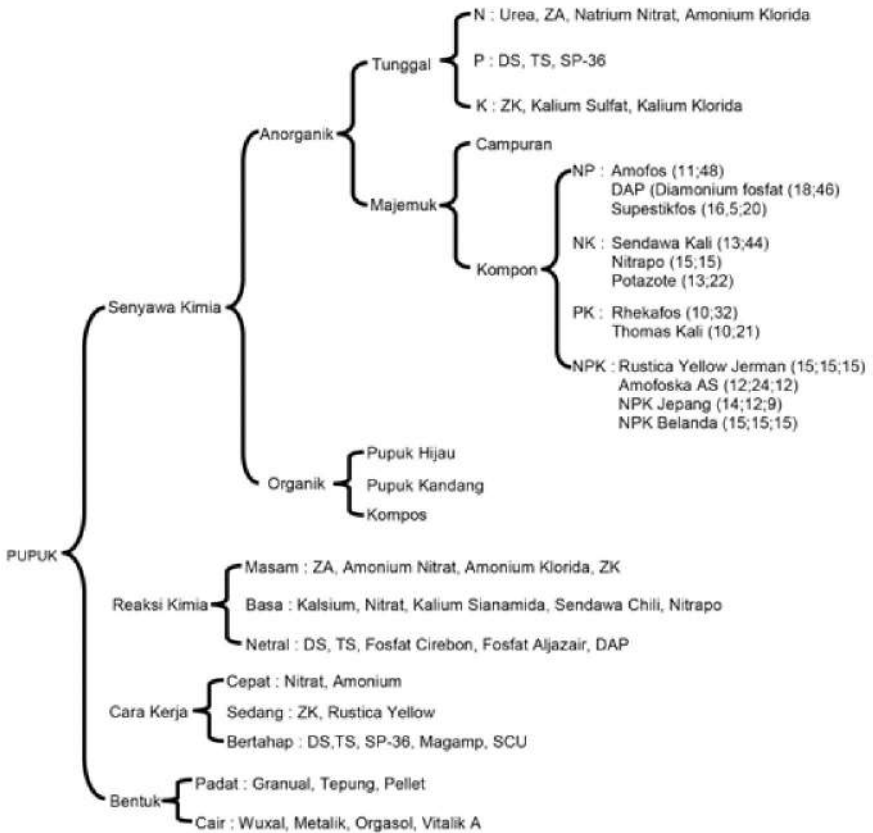
8.1 Definisi Pupuk

Beberapa pakar pertanian memberi definisi tentang pupuk sebagai berikut:

- Suatu bahan yang mempunyai komposisi kimia tertentu dengan sebuah nilai analitik tinggi yang menyediakan nutrisi tanaman dalam bentuk tersedia. Bahan tersebut umumnya diproduksi di pabrik dan dijual dengan suatu nama dagang. Kebanyakan pupuk kimia mempunyai senyawa anorganik di alam dengan pengecualian pupuk urea dan kalsium sianamida (CaCN_2) (Gupta, 1999).
- Suatu bahan yang digunakan untuk memperbaiki kesuburan tanah, meliputi kesuburan fisik, kimia dan biologik (Subagyo, 1970; Hardjowigeno, 2003).
- Bahan kimia atau biologis yang mengandung unsur hara bagi keperluan tanaman secara langsung atau tidak langsung (Sadjad, 1993a).
- Bahan yang digunakan untuk menaikkan produksi tanaman. Dalam arti yang lebih luas pupuk adalah suatu bahan yang digunakan untuk mengubah keadaan fisik, kimiawi dan hayati dari tanah sehingga sesuai dengan kebutuhan tanaman (Sastrohoetomo, 1968; Sarief, 1985).

8.2 Klasifikasi Pupuk

Sehubungan dengan definisi pupuk tersebut di atas, maka pupuk dapat dikelompokkan sesuai dengan sifat-sifatnya. Pada bagan di bawah ini disajikan pengelompokan pupuk untuk memudahkan penyediaan pupuk menurut sifat-sifat tertentu, sehingga dengan mudah si pemupuk memiliki macam atau jenis pupuk yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan tanaman dan keadaan tanah yang akan dipupuk. Klasifikasi pupuk disajikan pada Gambar 8.1.



Gambar 8.1 Klasifikasi Pupuk

8.2.1 Pupuk Anorganik

a. Pupuk Murni (*Straight Fertilizer*)

Pupuk murni yaitu pupuk yang hanya mengandung satu unsur hara saja, biasanya hanya untuk N, P dan K, sedang untuk S tidak termasuk.

b. Pupuk Kompon (*Compound, Complex Fertilizer*)

Pupuk kompon (majemuk) yaitu pupuk yang mengandung dua atau lebih unsur hara utama (N, P dan K) yang dibuat di pabrik melalui suatu proses reaksi kimia. Setiap butir pupuk mempunyai ukuran yang seragam dengan kandungan unsur hara sesuai

dengan analisis kimianya atau *gradenya*, sehingga tidak mungkin terjadi pemisahan unsur hara di dalam kemasan selama transportasi. Pada pupuk majemuk kandungan unsur hara atau formula disebutkan dalam perbandingan tertentu misalnya :Pupuk majemuk *Rustica Yellow* (15-15-15) artinya pupuk tersebut mengandung 15% N, 15%P₂O₅ dan 15%K₂O. Angka 15-15-15 menunjukkan *grade* pupuk atau formula pupuk. Termasuk dalam pupuk majemuk ini adalah pupuk campuran atau *mixed fertilizer*. Pupuk campuran dibuat dari mencampur dua atau lebih pupuk tunggal dengan bentuk tepung atau butiran. Salah satu kelemahan pupuk campuran dalam bentuk tepung yaitu dapat terjadi pemisahan unsur hara yang disebabkan oleh beragamnya ukuran butir pupuk, terutama bila diangkut ketempat lain yang jauh jaraknya. Pupuk campuran ini banyak digunakan di Australia untuk tanaman hortikultura dan dikebun-kebun rumah tangga (Glendinning, 1996). Pada Gambar 8.2 disajikan aturan pencampuran pupuk

										○	○						1	Kalium Klorida	
										○	○							2	Kalium Sulfat (ZK)
										○	○							3	K-Mg-Sulfat
X	○	X							○									4	Amonium Sulfat (ZA)
			X	○	○	○						○	○	○				5	Kalsium Amonium Nitrat
○	○	○	○	○	○							○	○	○	○			6	Urea
X	X	X							○									7	ES,TS
X	X	X							○									8	Amonium Fosfat
				X	X	○	X	X										9	Terak (Basic Slag) - Limbah Industri baja/besi
				X	X	○		○										10	Batuan Fosfat
				X	X	○		X										11	Kalsium Karbonat

Gambar 8.2 Aturan Pencampuran Pupuk

Keterangan : ○ : Dapat dicampur dalam waktu singkat sebelum digunakan
 X : Tidak dapat dicampur
 □ : Dapat dicampur dan disimpan

Keunggulan Pupuk Campuran atau Majemuk

- Meningkatkan efisiensi pemupukan
- Memudahkan transportasi, penyimpanan dan penanganannya.

- Apabila pemupukan lebih praktis karena tidak perlu mencampur beberapa pupuk tunggal.
- Kandungan hara (formula), bentuk dan jenis bahan baku menyesuaikan dengan permintaan konsumen.
- Mengantisipasi dan mengatasi masalah apabila terjadi kelangkaan salah satu jenis pupuk tunggal.

Kelemahannya

Masih memerlukan tambahan pupuk tunggal karena kandungan haranya tidak bisa tepat sebagaimana rekomendasi dosis pemupukan sebagai contoh yaitu:

Dosis pupuk yang dianjurkan : 90 kg N + 45 kg P₂O₅ + 75 kg K₂O)/ha.
 Harus digunakan pupuk majemuk (22,5-18-25) dan kekurangannya dipenuhi dari urea (45% N) dan ZK (50% K₂O)

Dosis : 250 kg Pupuk Majemuk (22,5-18-25)

Dosis	:	90 kg N + 45 kg P ₂ O ₅ + 75 kg K ₂ O
250 kg pupuk majemuk	:	<u>56,25 kg N + 45 kg P₂O₅ + 62,5 kg K₂O</u>
Kekurangan	:	33,75 kg N + 0 kg P ₂ O ₅ + 12,5 kg K ₂ O

Dipenuhi dari Urea sebanyak $\frac{33,75}{45} \times 100 \text{ kg} = 75 \text{ kg}$

Dari ZK sebanyak $\frac{12,5}{50} \times 100 \text{ kg} = 25 \text{ kg}$ Jadi pupuk yang dibutuhkan per hektar :

250 kg pupuk majemuk (22,5-18-25), 75 kg pupuk urea dan 25 kg pupuk ZK.

Perhitungan kebutuhan sarana produksi disajikan pada Lampiran 4.

Pupuk urea 45% N artinya dalam 100 kg urea mengandung $\frac{45}{100} \times 100 = 45 \text{ kgN}$ dan sisanya 55% berupa bahan pembawa (*carrier*) sehingga pupuk urea dapat dijadikan bentuk granul atau padatan lainnya.

Pupuk SP-36 artinya adalah 100 kg Pupuk SP-36 mengandung 36% P_2O_5 , $\frac{36}{100} \times 100 = 36$ kg P_2O_5 , sisanya 64% adalah pembawa (*carrier*) sehingga bentuk SP-36 dapat dijadikan granul atau tepung (*powder*).

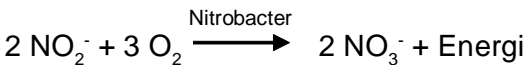
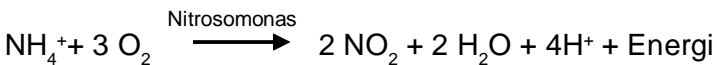
c. Pupuk Anorganik yang dikenal secara populer di Masyarakat Petani

Sifat-sifat pupuk yang sudah dikenal oleh masyarakat pertanian seperti amonium sulfat dan urea dikemukakan pada uraian dibawah ini:

- **Amonium Sulfat = ZA (Zwavelzure Amoniak) $=(NH_4)_2 SO_4$**

Pupuk ini bereaksi masam, sehingga bila digunakan terus-menerus dapat memasamkan tanah sehingga sangat dianjurkan untuk tanah-tanah basis atau kekurangan unsur S. Bekerjanya cepat, dijerap oleh koloid tanah yaitu liat dan humus dan dapat menggantikan ion Ca, tidak mudah tercuci sehingga lebih baik daripada nitrat, dapat digunakan pada saat tanam. Meskipun tanaman dapat menyerap amonium NH_4^+ , tetapi umumnya ion ammonium cepat berubah menjadi NO_3^- bila keadaan tanah mempunyai kelembaban dan udara (O_2) cukup. Lamanya atau waktu perubahan dapat dalam beberapa hari, minggu atau bulan tergantung dari kondisi tanah, kedalaman penempatan pupuk dan suhu. Tanaman padi, kentang dan beberapa tanaman dapat langsung menyerap ion ammonium dan dapat digunakan juga oleh organisme heterotrof untuk proses dekomposisi lanjutan residu karbon organik. Segi kerugiannya yaitu dapat terjerap oleh mineral liat tipe illit dan difiksasi ke dalam bentuk tidak tersedia.

Reaksi amonium di dalam tanah adalah:



Dalam kondisi yang sesuai atau menguntungkan reaksi yang kedua dan pertama cepat terjadi, sehingga tidak terjadi akumulasi

nitrit yang umumnya beracun bagi tumbuhan tingkat tinggi. Pada tanah alkali penggunaan amonium dengan jumlah banyak dapat menunda proses nitrifikasi sampai konsentrasi NH_4^+ relatif rendah. Kondisi seperti inilah yang menyebabkan gangguan pada tanaman atau mendorong hilangnya N ke udara. Ion H^+ yang dihasilkan oleh reaksi kimia pada proses nitrifikasi inilah yang menyebabkan meningkatnya konsentrasi H^+ pada larutan tanah sehingga tanah menjadi masam. Karena itu pupuk amonium sulfat tidak digunakan/dianjurkan pada tanah-tanah yang bersifat masam.

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

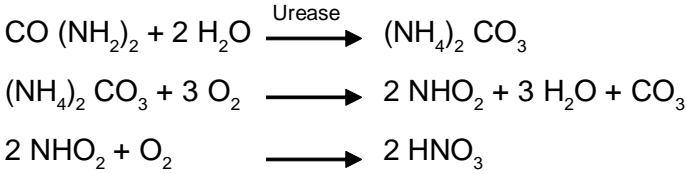
Diantara pupuk N, urea lebih unggul karena adanya kenyataan:

- Kandungan N tinggi (45%N), sehingga pupuk urea tergolong pupuk yang murah. Karena kandungan N dua kali lebih banyak dibandingkan ZA, maka dalam jumlah unsur N yang sama bobot ZA dua kali lebih banyak dari urea, akibatnya biaya transportasi untuk pupuk ZA menjadi lebih mahal.
- Tidak mudah meledak dibandingkan dengan nitrat. Nitrat berbahaya bila ada api atau eksplosif.
- Kelembaban relatif kritisinya (75,2%) lebih tinggi dari pada amonium nitrat (59,4%) sehingga kondisi fisiknya lebih baik.
- Sedikit menimbulkan polusi
- Daya susul (*residual effect*) tidak memasamkan tanah, berbeda dengan ZA.
- Dapat digunakan sebagai pupuk cair, disemprotkan pada daun dengan konsentrasi 1-2% agar tidak terjadi kerusakan daun. Konsentrasi pemakaian perlu disesuaikan dengan jenis tanaman melalui percobaan. Gupta (1999) menyatakan kisaran konsentrasi antara 3-6%.
- Dapat digunakan dalam pakan ternak.

Urea di dalam tanah mengalami disosiasi atau hidrolisis oleh *enzim urease* yang dihasilkan oleh mikroorganisme diubah menjadi

amonium karbonat, selanjutnya oleh proses oksidasi secara mikrobiologis amonium karbonat tersebut diserap oleh akar tanaman. Enzim urease ini memang umumnya terdapat dalam tanah.

Perubahan urea dalam tanah sebagai berikut:



Sehubungan dengan reaksi tersebut, maka urea dapat digunakan tiga sampai empat hari sebelum tanam karena dari urea menjadi nitrat berlangsung selama kurang lebih satu minggu. Transformasi urea menjadi bentuk amonium dan nitrat tergantung dari: kelembaban, suhu, pH, bahan organik, tipe tanah dan laju aplikasinya. Secara skematis hidrolisis urea disajikan pada Gambar 8.3.



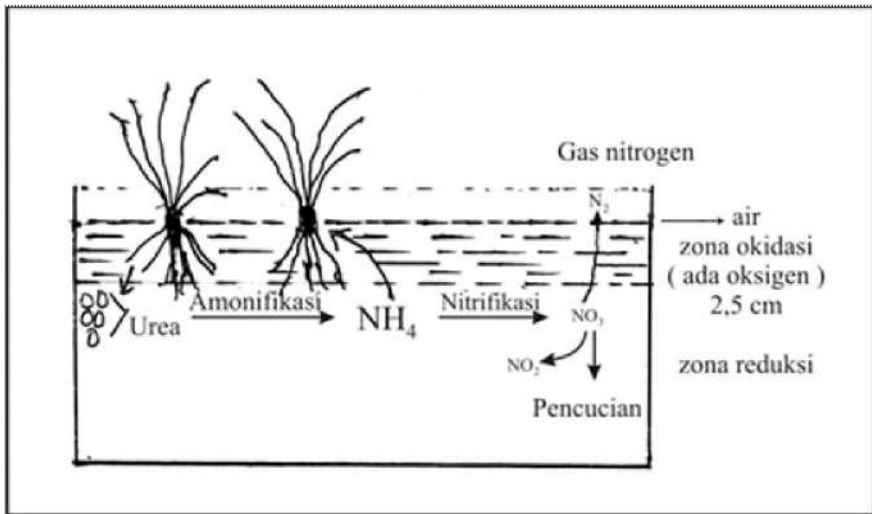
Gambar 8.3 Hidrolisis dari urea

Reaksi Urea Pada Tanah yang Tergenang

Uraian tentang mekanisme perubahan N dalam tanah tergenang pada tanaman padi telah banyak dibahas oleh para pakar padi. Kehilangan nitrogen dari urea oleh pencucian (*leaching*) jarang terjadi atau dapat diabaikan pada kondisi tanah yang normal. Tetapi bila digunakan pada tanah tergenang (khusus pada padi sawah) atau pada

tanah dalam keadaan tergenang, nitrat yang terbentuk dari ammonia tercuci kelapisan tanah bawah (zona reduksi) dan diubah ke oksida nitrogen dan gas nitrogen yang akhirnya hilang/menguap (mengalami volatilisasi).

Kehilangan nitrogen dari tanah dapat dilihat pada Gambar 8.4



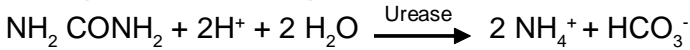
Gambar 8.4 Perubahan urea pada tanah yang tergenang

Dari uraian di atas menunjukkan bahwa urea termasuk pupuk yang lambat terurai karena untuk dapat diserap akar harus mengalami perubahan dahulu melalui proses hidrolisis dan nitrifikasi. Menurut Tisdale *et al.* (1985) tanaman padi sepenuhnya dapat menggunakan ammonium (NH_4^+).

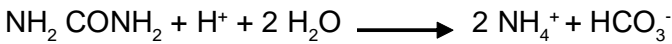
Reaksi Urea dalam tanah dan volatilisasi NH_3

Bila urea diberikan ke tanah akan mengalami hidrolisis oleh enzim urease dan menghasilkan NH_4^+ dan satu atau lebih senyawa karbon anorganik. Macam senyawa kedua ini bervariasi tergantung dari nilai pH. Reaksi urea dalam tanah pada berbagai pH sebagai berikut:

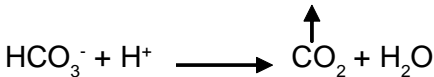
Pada pH sekitar 7 sampai 8:



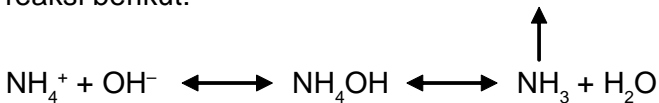
Pada pH di bawah 7 (kisaran masam) :



HCO_3^- yang terbentuk bereaksi lebih lanjut dengan ion hidrogen lain, terbentuk CO_2 yang dapat hilang ke udara.



Reaksi ini mengakibatkan konsumsi H^+ meningkat sejalan dengan kehilangan CO_2 . Ion H^+ diambilkan dari kemasaman potensial dan akibatnya pH, larutan tanah meningkat. Diperkirakan pada reaksi hidrolisis pada pH sekitar netral dapat meningkatkan pH pada kisaran 7-9. Pada kondisi ini akan banyak kehilangan NH_3 dari hidrolisis urea bila urea tidak ditempatkan pada lapisan tanah bawah (di bawah 5 cm). Kehilangan $\text{NH}_3\text{-N}$ karena terjadi kenaikan pH dapat di tunjukkan pada reaksi berikut:



Terlihat bahwa peningkatan pH menyebabkan peningkatan konsentrasi NH_3 yang memungkinkan terjadinya volatilisasi NH_3 . Peristiwa pemakaian urea yang dapat meningkatkan pH larutan tanah. Inilah yang menyebabkan pupuk urea kurang memasamkan tanah dibandingkan dengan pemakaian amonim sulfat (ZA).

8.2.2 Pupuk Organik

Terdapat beberapa definisi tentang pupuk organik antara lain sebagai berikut:

- Pupuk organik yaitu setiap produk yang bahan berasal dari tanaman dan atau binatang yang telah mengalami proses perom-

bakan atau dekomposisi secara biologis atau kimia atau proses-proses lain dan dapat menyediakan apa yang dibutuhkan oleh tanaman dan tanah (Casico, 1985)

- Pupuk organik yaitu suatu bahan yang mengandung karbon (C) dan satu atau lebih nutrisi tanaman yang ditambahkan pada hidrogen (H) dan atau oksigen (Gupta, 1999). Urea memiliki definisi ini tetapi tidak termasuk pupuk organik dan umumnya digolongkan kedalam pupuk anorganik karena cepat terhidrolisis membentuk amonium (NH_4^+) di dalam tanah.
- Pupuk organik yaitu pupuk yang berasal dari sisa bahan organik, berupa sisa tumbuhan, kotoran ternak, kotoran manusia atau bahkan binatang yang sudah mati. Bahan-bahan tersebut akan mengalami proses dekomposisi dan apabila proses dekomposisi telah sempurna disebut sebagai kompos (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 1996).

Dari definisi tersebut diatas yang umum dipahami yaitu definisi yang dikemukakan oleh Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.

Macam Pupuk Organik

a. Pupuk Hijau (*green manure*)

Adalah biomasa tanaman hijau yang digunakan sebagai pupuk yang umumnya ditanam kedalam tanah berfungsi untuk memperkaya kehidupan mikro organisme dalam tanah, memperbaiki unsur hara yang tercuci dan menekan pertumbuhan gulma. Pupuk hijau yang terbaik yaitu yang berasal dari tanaman leguminosae antara lain *Crotalaria* sp. (enceng-enceng-Jawa; kekecrekan-Sunda; telpok-Madura).

Terdapat 3 jenis *Crotalaria* sp. yaitu : *C. juncea*; *C. usaramoensis* dan *C. anagyroides*.

Dari ketiga jenis tersebut yang umum digunakan yaitu *C. juncea* karena umurnya pendek yaitu 2-3 bulan dengan hasil hijauan segar 10-30 t/ha. Penggunaan pupuk hijau telah lama dikenal oleh petani sebelum tahun 1950. Di daerah Blitar, Jawa Timur *C. juncea* ditanam diantara barisan jagung. Setelah *C. juncea*

menjelang berbunga yang pada saat itu produksi hijaunya segar maksimal, ditanamkan kedalam tanah pada waktu pembajakan/ penggaruan sebagai persiapan pengolahan tanah bagi tanaman padi. Hijauan segar ini cepat mengalami dekomposisi menjadi bahan organik/humus dan kaya hara nitrogen. Tanaman pupuk hijau jenis leguminosae-berpolong memberikan beberapa keuntungan antara lain: 1) Dapat meningkatkan bahan organik tanah. 2) Memperbaiki struktur tanah. 3) Meningkatkan kandungan N tanah melalui proses fiksasi (penambatan) N udara tanah. 4) Mencegah erosi. 5) Menghasilkan bahan pakan ternak.

Pada Tabel 8.1 disajikan beberapa jenis tanaman pupuk hijau serta kandungan unsur haranya.

Tabel 8.1 Kandungan unsur hara beberapa tanaman pupuk hijau

Tanaman	C/N	% Bahan Kering		
		N	P	K
<i>Sesbania aculeata</i>		2.18		
<i>Sesbania speciosa</i>	18	2.51		
<i>Crotalaria juneca</i>		1.95		
<i>Crotalaria usaramoensis</i>		5.30		
<i>Vigna sinensis (cowpea)</i>		3.09		
<i>Melilotus indica</i>		3.36	0.22	1.27
<i>Pisum sativuum (peal)</i>		1.97		
<i>Acacia ferruginea (leaves)</i>		2.96	0.13	0.88
<i>Acacia arabica (leaves)</i>		2.61	0.17	1.20
<i>Desmodium trifolium</i>		2.93	0.14	1.30
<i>Clopogonium mucunoides</i>		3.02		
<i>Eichornia sp. (water hyacinth)</i>	18	2.04	0.37	3.40
<i>Azolla sp.</i>		3.68	0.20	0.15
<i>Algae</i>		2.47	0.12	0.37

*Sumber : Misra and Harsse, 1983

Penelitian tentang penggunaan pupuk hijau khususnya *Crotalaria* sp. Telah lama dilakukan oleh Balai Penyelidikan Teknik Pertanian

Bogor sejak tahun 1950. Beberapa hasil penelitian penggunaan *C. usaramoensis* oleh van de Goor (1952) disajikan pada Tabel 8.2.

Tabel 8.2 Pengaruh *C. usaramoensis* terhadap hasil jagung varietas Maya

Perlakuan (t/ha)	Biji Kering (t/ha)
Kontrol	3.32
10 <i>C.usaramoensis</i>	3.70
20 <i>C.usaramoensis</i>	4.02
30 <i>C.usaramoensis</i>	4.20

Keterangan :*Crotalaria* ditanam dengan bajak dua kali sebelum tanam jagung
*Sumber : van de Goor (1952).

Ternyata pemberian *C.usaramoensis* segar dalam waktu yang singkat dapat meningkatkan hasil jagung karena tanaman memperoleh unsur N hasil perubahan bahan segar batang *C.usaramoensis*.

b. Pupuk Kandang

Adalah pupuk alam yang berasal dari kotoran ternak yang tercampur dengan sisa makanan yang membusuk dan kencing ternak (Tim Penyusun Kamus PS, 2013). Nilai pupuk kandang ditentukan oleh kandungan unsur hara dan kandungan ini ditentukan oleh jenis tanahnya. Pada Tabel 8.3 disajikan kandungan unsur hara dari berbagai jenis ternak di China sedangkan di Philipina disajikan pada Tabel 8.4.

Tabel 8.3 Kandungan unsur hara dari kotoran berbagai jenis tanah di China

Jenis Tanaman	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ternak (sapi, kerbau)	0.60	0.30	0.80
Domba, Kambing	0.60	0.30	1.20
Babi	0.50	0.40	0.50
Unggas	1.46	1.17	0.62
<i>Nightsoil</i> (tinja)	0.60	0.20	0.30

*Sumber : FAO (1977)

Tabel 8.4 Kandungan unsur hara dari Berbagai jenis hewan di Philipina

Jenis Tanaman	C/N	N	P	K
Ternak (Sapi, Kerbau)	19	1.50	1.00	0.94
Domba	29	2.02	1.75	1.94
Kuda	24	1.59	1.65	0.65
Babi	13	2.81	1.67	1.52
Unggas (ayam)		4.00	1.98	2.32
Badak		2.15	1.13	1.15
Nightsoil (tinja)*	8	7.24	1.72	2.14

*) Rata-rata beberapa negara.

Sumber: Mirsa dan Harsse (1983)

Dari Tabel 8.3 dan 8.4 diatas terlihat bahwa kandungan unsur hara yang tertinggi terutama N dan P diperoleh dari kotoran unggas (ayam, bebek). Selain kandungan unsur makro utama (N, P dan K) pupuk dari kotoran hewan mengandung unsur-unsur mikro seperti Boron (Bo), Mangan (Mn), Kobal (Co), Tembaga (Cn), Seng (Zn) dan Molibdinum (Mo).

c. Kompos

Terdapat definisi untuk kompos

- Kompos yaitu campuran kotoran hewan, bahan tanaman dan bahan organik lain yang telah mengalami perombakan (dekomposisi) oleh mikroba (Kamus Pertanian Umum, 2013).
- Kompos yaitu sisa atau residu bahan organik atau suatu campuran sisa bahan organik dan tanah yang telah dicampur, dionggakkan, dan dilembabkan dengan atau tanpa tambahan pupuk dan kapur serta melalui proses perombakan yang memerlukan suhu tinggi (temofilik) sehingga bahan organik semula mengalami perubahan menjadi bahan yang stabil. Produk akhir ini dengan mudah digunakan sebagai pupuk ke tanah atau ke dalam pot-pot (Gupta, 1999).

- Kompos yaitu sisa bahan organik berupa sisa tumbuhan, kotoran ternak, kotoran manusia atau bahkan binatang yang telah mati dan mengalami dekomposisi yang sempurna menjadi bahan yang disebut kompos (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 1996).

Indikator kompos yang bagus yaitu bila telah masak sempurna dengan C/N rasio ≤ 20 . Sekarang ini hampir disetiap kota terdapat pembuatan kompos dari sampah kota, dimana yang diolah yaitu sampah organiknya. Sedangkan yang berupa plastik dan lain-lainnya dibuang. Untuk mempercepat proses dekomposisi pada pembuatan kompos dapat digunakan bio aktifator yang berupa mikroba. Bio aktifator yang umum digunakan antara lain Stardec, Orgadec, EM-4 (*Effective Micro organism*) dan Fix-Up Plus. Pengomposan pada prinsipnya yaitu menurunkan rasio C/N dan bahan organik segar. Bahan organik segar masih mempunyai C/N yang besar misalnya jerami padi 50-70, batang jagung 100, batang pupuk hijau (*Leguminosae*) 20-30, daun segar berbagai tanaman 10-20, daun dadap (*Erythinasp.*), daun Tephrosia candida muda. Nilai C/N yang masih tinggi tersebut diturunkan menjadi C/N sebesar 10-12 mendekati nilai C/N tanah (10-12) yang didalam tanah berupa humus. Kompos yang bagus atau matang warna coklat kehitaman, tidak berbau dan bila diremas agak elastis.

d. Pupuk Hayati (Biofertilizer)

Beberapa mikroba tanah mempunyai peran penting dalam memperbaiki kesuburan tanah dan produktivitas tanaman yang disebabkan kemampuan mereka mengikat (menambat, memfiksasi) nitrogen udara melarutkan fosfat dan merombak sisa pertanian dan menghasilkan hara tanaman. Kemampuan yang menguntungkan dari mikrobia tersebut di dalam tanah tergantung dari jumlah dan jenisnya serta lingkungannya. Mikrobia yang dapat digunakan untuk mempercepat aktivitas biologi dalam memper-

baiki ketersediaan hara tanaman disebut sebagai pupuk hayati (biofertilizer atau inokulan). Pupuk hayati yang mengandung bakteri penambat nitrogen dan berperan penting dalam pertanian karena: 1) Memperkokoh pertumbuhan tanaman. 2) Meningkatkan hasil biji terbesar 10-20%. 3) Berguna dalam sistem pertanian yang berkelanjutan (*sustainable agriculture*). 4) Sesuai untuk pertanian organik. 5) Memegang peranan penting bagi sistem agroforestri dan silvipastoral (Gupta, 1999).

Terdapat beberapa macam pupuk hayati yaitu *Inokulan Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Ganggang Biru-Hijau*, *Simbiosis Azolla-anabaena* dan *Mikoriza seperti Vesicular Arbusular Mycorrhiza (VAM)*. Pada Tabel 8.5 disajikan hasil penelitian penggunaan pupuk hayati pada berbagai tanaman.

Tabel 8.5 Pengaruh penggunaan pupuk hayati terhadap hasil beberapa tanaman*)

Pupuk Hayati Dan Tanaman	Hasil Biji		Kenaikan	
	Kontrol	Inokulasi	Biji (Kg/ha)	%
<i>Rhizobium-Chickpea</i>	1.956	2.228	272	13,9
<i>Rhizobium-Pigeonpea</i>	1.985	2.182	47	9,9
<i>Blue-Green Algae-Rice</i>	4.175	4.650	475	11,4
<i>Azolla-Rice</i>	2.800	3.480	680	24,3
<i>Azospirillum-Sorghum</i>	3.130	3.700	570	18,2
<i>Azospirillum-Pearl Millet</i>	1.430	1.789	359	25,1
<i>Azofobacter-Cotton</i>	1.254	1.339	85	6,8

*) Sumber : Venkatraman and Tilak (*dalam Gupta*, 1999)

Gunadi *dkk.* (1998) telah membuat biofertilizer yang dinamakan EMAS (*Enhancing Microbial Activities in the soil*) yang mengandung beberapa mikroba yaitu: *Azospirillum lipoverum* (bakteri penambat N), *Azotobacter bejerinckii* (bakteri penambat N dan pemantap agregat), *Aeromonas punctata* (bakteri pemantap agregat), *Streptomyces sp.* (bakteri pelarut fosfat), *Aspergillus*

niger (fungi pelarut fosfat), dan *Penicillium sp.* (fungi pematap agregat). Biofertilizer EMAS ini mampu meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk kimia sintetis hingga 25%. Nilai penghematan biaya pupuk untuk tanaman kakao diperkirakan mencapai 20%.

e. Arang Hayati (Biochar)

Biomassa dari sisa tanaman di dalam tanah akan mengalami proses dekomposisi dalam waktu yang relatif singkat dan melepaskan CO₂ ke atmosfer. Dengan merubahnya menjadi bentuk arang, maka dekomposisi C akan terhambat. Pada prinsipnya arang hayati dibuat dengan cara pembakaran bahan organik secara tidak sempurna membatasi oksigen yang masuk.

Proses dekomposisi pada arang hayati memakan waktu lama dari puluhan hingga ratusan tahun, tergantung pada proses pemanasannya. Semakin banyak arang hayati diberikan ke tanah, semakin banyak pula C yang tersimpan dalam tanah. Arang hayati mempunyai kemampuan meningkatkan kualitas tanah karena mempunyai daya pegang air dan hara yang tinggi. Balai Penelitian Tanah Bogor telah memulai penelitian penggunaan arang hayati dan memodifikasi arang hayati dengan memberikan tambahan unsur hara untuk menambah nilai pakainya. Widowati (2011) telah membuat arang hayati dari sampah organik, sekam padi, pupuk kandang kotoran ayam, tempurung kelapa, tongkol jagung, jerami padi, bagase, dan blotong dengan proses pirolisis pada suhu 500°C selama 2 jam 5 menit. Hasil penelitian pengaruh biochar sampah organik terhadap berat biji jagung Hibrida BISI 12 di Desa Bawang, Kelurahan Tunggulwulung, Malang yang dilaksanakan pada tahun 2012 disajikan pada Tabel 8.6. Perlakuan yang dicoba ada enam macam yaitu:

1. B₀K₁ - Tanpa biochar + 110 kg K₂O/ha
2. B₃₀K₀ - 30 ton biochar/ha
3. B₃₀K₂ - 30 ton biochar + 27,5 kg K₂O/ha
4. B₃₀K₃ - 30 ton biochar + 55,0 kg K₂O/ha
5. B₃₀K₄ - 30 ton biochar + 82,5 kg K₂O/ha
6. B₃₀K₅ - 30 ton biochar + 110,0 kg K₂O/ha

Sebagai pupuk dasar: 90 kg N + 36 kg P₂O₅ bersumber dari urea dan SP 36, sedangkan K dari KCl. Pada musim tanam ke dua (MT II). Pada petak percobaan yang sama ditanam jagung varietas Bisma tanpa biochar dan kalium, hanya di pupuk 90 kg N/ha. Percobaan dilanjutkan pada MT III untuk melihat pengaruh susul (*residualeffect*) dari biochar.

Tabel 8.6 Hasil jagung dengan aplikasi biochar pada tiga Musim Tanam

Perlakuan	Berat Biji Kering Jagung (t/ha)		
	Musim Tanam I	Musim Tanam II	Musim Tanam III
B ₀ K ₁	5,46	6,46 a	5,86 a
B ₃₀ K ₀	6,42	7,18 b	6,61 b
B ₃₀ K ₂	7,02	7,77 b	6,67 b
B ₃₀ K ₃	5,78	7,72 b	6,76 b
B ₃₀ K ₄	6,26	7,60 b	6,75 b
B ₃₀ K ₅	6,57	7,71 b	6,81 b
BNT 0,05	tn	0,82	0,20

*) Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNT 0,05
 Sumber : Widowati (2012)

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengaruh residu biochar muncul pada MT II dan MT III dan ternyata keadaan ini disebabkan oleh meningkatkan kandungan N, P, K, Ca, Mg dan Na tanah (Widowati, 2012; Widowati dan Asnah, 2013).

8.3 Pemupukan Berimbang

Pemupukan yaitu pemberian berbagai jenis pupuk ke dalam tanah. Agar pemupukan dapat efisien, maka berbagai cara telah dilakukan dan berbagai konsep pemupukan telah di buat antara lain sistem pemupukan berimbang. Banyak definisi tentang pemupukan berimbang antara lain seperti yang dikemukakan oleh beberapa pakar yaitu:

a. Gupta (1999)

Pemupukan berimbang sebagai suatu alat untuk memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan produksi tanaman yang sangat diperlukan dalam rangka melestarikan eksistensi pertanian yang berkelanjutan. Pemupukan berimbang tidak sekedar memberi perimbangan unsur hara seperti yang lazim dilakukan yaitu imbang N; P₂O₅; K₂O, tetapi mempunyai tujuan yang lebih luas. Pemupukan berimbang dicirikan oleh produktivitas pertanian dan tanah yang berkelanjutan serta efisiensi sistem produksi termasuk pemakaian pupuk yang efisien. Tujuan pemupukan berimbang yaitu:

- Merealisasi target kebutuhan pangan sehubungan dengan meningkatnya jumlah penduduk
- Mempertahankan kesuburan dan keberlanjutan sumberdaya alam
- Menurunkan input investasi yang tinggi
- Menjaga kelestarian lingkungan

b. Von Uexkull dan Mutert (1993)

Pemupukan berimbang yaitu penggunaan nutrisi tanaman esensial dalam proporsi yang tepat melalui metode dan waktu pemakaian yang benar sesuai dengan kondisi spesifik tanah-tanaman-iklim. Tujuan pemupukan berimbang yaitu:

- Meningkatkan hasil dan kualitas tanaman
- Koreksi terhadap defisiensi (kekahatan) nutrisi tanah
- Mempertahankan kesuburan tanah
- Menghindari kerusakan lingkungan
- Memperbaiki kesuburan dan produktivitas lahan yang telah rusak
- Meningkatkan pendapatan petani

c. Goswami (*dalam* Gupta 1999)

Pemupukan berimbang adalah pemupukan yang mempunyai prinsip bahwa pemupukan merupakan fungsi (tipe tanah, sistem

penanaman, input, daya susul, nutrisi yang tersedia, target hasil, penggunaan pupuk yang ekonomis dan waktu).

d. Soepardi (1987)

Pemupukan berimbang adalah pemberian pupuk dengan mengatur cara, waktu, ramuan, dan takaran yang diberikan. Pemupukan bukan hanya sekedar memberi pupuk, tetapi merupakan suatu tindakan yang didasarkan atas:

- 1) Berapa jumlah dan macam hara yang di perlukan tanaman untuk mencapai hasil fungsi yang mantap.
- 2) Berapa kemampuan tanaman menyerap hara sehubungan dengan lingkungan tumbuh saat itu.
- 3) Jenis dan jumlah pupuk yang di kombinasikan sebagai pelengkap dari jumlah yang tidak di sediakan tanah
- 4) Usaha pelestarian fungsi sumberdaya tanah sebagai wahana memperoleh hasil fungsi pertanian secara berkesinambungan (berkelanjutan)

e. Rochayati *dkk.* (1998)

Pemupukan berimbang adalah pemberian pupuk yang hanya diperlukan atau yang membuat ketersediaan semua hara dan lingkungan dalam tanah menjadi optimum untuk pertumbuhan dan hasil tanaman. Sebagai contoh pada tanah sawah yang mempunyai status P tinggi, dosis pupuk fosfat yang dianjurkan yaitu 50 kg TSP atau SP-36/ha untuk mengembalikan hara yang terangkut saat panen dan mempertahankan produktivitas lahan. Pendekatan yang digunakan untuk menilai ketersediaan dalam tanah apakah pada tingkat optimum bagi pertumbuhan dan hasil tanaman adalah melalui uji tanah dan analisis tanaman. Uji tanah perlu dikembangkan sebagai dasar rekomendasi pemupukan.

8.4 Efisiensi Pemupukan

Efisiensi pemupukan dapat dicapai bila memenuhi dasar pertimbangan berikut: a) Jenis tanaman yang dipupuk, b) Jenis tanah, c)

Jenis pupuk, d) Dosis pupuk, e) Cara pemupukan, f) Waktu pemupukan. Pupuk yang diproduksi memegang peran penting dalam melestarikan dan meningkatkan produksi pertanian. Sehubungan dengan mahalnnya harga pupuk, maka perlu pengelolaan pupuk yang efisien yang umumnya dikenal dengan lima tepat yaitu tepat jenis tanaman yang pupuk, jenis tanah, jenis pupuk, waktu pemupukan, dan cara pemberian pupuk.

a) Jenis Tanaman Yang Dipupuk

Jenis tanaman mempunyai hasil panen yang berbeda-beda seperti: tanaman padi, jagung, kedelai, kacang tanah yang dipanen adalah bijinya, tanaman ramu dan kenaf yang dipanen batangnya untuk diambil seratnya, tanaman pisang abaca yang dipanen pelepah daunnya yang mengandung serat, tanaman agave yang dipanen daunnya yang mengandung serat, tanaman karet yang dipanen getah kulitnya. Hal ini berarti bahwa setiap kali panen akan diangkut unsur hara dari dalam tanah, sehingga kehilangan unsur hara tersebut perlu diganti dengan jalan pemupukan. Mengetahui banyaknya unsur hara yang terangkut pada waktu panen sangat penting untuk program pemupukan karena secara kasar dapat memprediksi kebutuhan hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Pada Tabel 8.7 disajikan banyaknya unsur hara yang diangkut melalui panen.

Dari Tabel 8.7 terlihat unsur hara yang terangkut melalui panen sangat beragam, tergantung dari jenis tanaman dan bagian tanaman yang dipanen serta tingkat produksinya. Jumlah hara yang terangkut melalui panen tidak menggambarkan apa yang diperlukan oleh tanaman, tetapi sebagai prediksi beberapa jumlah hara yang harus tersedia dalam tanah. Tanaman yang dipanen berupa biji memerlukan hara makro N, P, dan K dengan urutan $N > K > P$ dan antara P dan K hampir seimbang, sedangkan pada tanaman hortikultura antara N dan K seimbang. Dengan demikian mengetahui kandungan unsur hara dalam tanaman penting sekali sebagai acuan untuk menentukan dosis pupuk yang diperlukan oleh tanaman.

Tabel 8.7 Banyaknya unsur hara utama yang di angkut melalui panen pada beberapa tanaman

Tanaman	Hasil t/ha	Bagian	Unsur hara yang diangkut (kg/ha)			
			N	P	K	S
Padi	7,5	Gabah	100	18	20	8
		Jerami	49	7	89	
		Total	149	25	109	
	10,0	Gabah	133	24	27	11
		Jerami	64	9	119	
		Total	197	33	146	
Jagung	7,5	Biji	120	21	18	12
		Jerami	90	15	80	9
		Total	210	36	108	21
	10,0	Biji	161	27	39	16
		Jerami	129	19	144	17
		Total	290	46	183	33
Sorghum	6,25	Biji	100	8	19	7
		Jerami	105	11	140	
		Total	205	19	159	
	10,0	Biji	158	13	31	11
		Jerami	166	22	204	
		Total	324	35	235	
Kedelai	2,5	Biji	200	17	56	10
		Jerami	74	7	35	11
		Total	274	24	91	21
Kapas	1,08	Biji+serat	67	15	28	
		Jerami	53	7	44	
		Total	120	22	72	
Kapas	1,68	Biji+serat	40	7	14	
		Jerami	65	11	52	
		Total	105	28	66	
Tomat	45,0	Buah	128	19	145	15
		Batang	92	20	225	
		Total	220	39	370	
Kobis	40,0	Daun	149	12	118	
Kentang	20,0	Umbi	57	11	104	5
		Batang	63	4	41	2
		Total	120	15	145	7
Jeruk	50,0	Buah	65	10	90	
Pisang	15,0	Buah	35	8	170	
Anggur	20,0	Buah	32	11	45	
Jarak pagar	1,0	Biji	58	5	227	

*) Sumber: Glendinning (1986)

b) Jenis Tanah

Dari jenis tanah yang terpenting yaitu bagaimana reaksi tanahnya, termasuk tanah masam (pH rendah), netral atau alkalin (pH tinggi). Tanah yang sedikit masam dan alkalin dapat dipupuk dengan pupuk masam sedangkan tanah yang sedikit masam dan masam dapat di pupuk dengan pupuk netral dan basa.

c) Jenis Pupuk

Unsur hara di dalam tanah mempunyai mobilitas yang beragam. Terdapat empat macam bentuk pupuk N yaitu: nitrat (amonium nitrat, natrium nitrat, kalium nitrat), amonium (amonium nitrat, amonium sulfat), amida (urea) dan organik (tepung tulang). Dari ke empat bentuk tersebut, nitrat paling cepat diserap oleh akar, mudah bergerak dengan bebas, tidak diikat oleh kompleks liat, sehingga mudah mengalami pencucian oleh air hujan. Pupuk nitrat paling banyak digunakan pada tanaman tembakau karena tanaman tembakau bila dipupuk yang mengandung klor seperti kalium klorida dapat menurunkan mutu daun dan menurunkan daya bakar rokok.

Fosfor di dalam tanah relatif tidak mobil, tidak bergerak jauh dari tempat penempatannya sehingga memerlukan cara tertentu agar dapat diserap oleh akar tanaman. Fosfor yang diberikan ke dalam tanah hanya sebagian yang diserap oleh akar, sebagian difiksasi menjadi bentuk tidak tersedia, meskipun dalam periode waktu tertentu dapat digunakan oleh tanaman dan sebagian membentuk suatu "bank" fosfor tersedia yang dapat digunakan oleh tanaman dalam musim berikutnya. "Bank" semacam ini disebut mempunyai nilai susul atau "*residual effect*" (pengaruh sisa atau pengaruh daya susul). Hal ini telah dikemukakan oleh Sri Adiningsih (1998) bahwa dari sekitar 3,65 juta ha lahan sawah terdapat 1,45 juta ha berstatus P tanah tinggi, 1,66 juta ha berstatus P sedang dan 0,54 juta ha berstatus P rendah. Disimpulkan bahwa tanah berstatus P tinggi cukup di pupuk sekali selama 4 musim dengan dosis 59 Kg TSP/ ha, tanah berstatus P sedang dipupuk sekali

selama 2 musim dengan dosis 75 Kg /ha dan tanah berstatus P rendah dipupuk 125 Kg/ha setiap musim.

Unsur kalium dalam tanah berbentuk ion K^+ yang mudah diikat oleh kompleks adsorpsi, sehingga mempunyai daya pergerakan antara unsur nitrogen dan fosfat yang menyebabkan unsur K tidak mudah tercuci serta tidak mudah diikat menjadi senyawa-senyawa tak tersedia bagi tanaman. Bila terdapat banyak ion kalium dalam tanah sering kali tanaman mengambil unsur ini melebihi dari kebutuhan yang normal dan disebut konsumsi mewah. Pupuk kalium nitrat (KNO_3) sangat baik untuk tanaman tembakau karena dapat menyediakan N dan K, mengingat pupuk tersebut mengandung 13 % N dan 44 % K_2O . Penggunaan pupuk nitrat mampu menekan serapan Cl^- , sehingga kadar Cl daun tembakau rendah dan ini sangat cocok bagi tembakau. Penggunaan pupuk kalium tanpa bersamaan dengan pupuk amonium pada tembakau dapat meningkatkan efisiensi serapan K^+ karena tidak terjadi "bloking NH_4^+ " yang menekan serapan K^+ (Soewardjiman, 1998).

d) Waktu Pemupukan

Tiap tanaman mempunyai pola pertumbuhan yang berbeda sehingga waktu pemberian pupuk perlu disesuaikan dengan ritme pertumbuhan tanaman. Pemberian pupuk yang terlalu awal, akan berakibat hilangnya pupuk oleh pencucian sebelum dapat diambil oleh tanaman.

Pupuk N umumnya diberikan sebagai pupuk awal atau pada waktu tanam dan waktu tertentu pada saat kebutuhan tanaman akan unsur ini terbesar, mengingat pupuk ini mudah tercuci. Pupuk fosfat yang tidak larut dalam air sebaiknya diberikan beberapa saat sebelum tanam, karena pupuk ini tersedianya lambat dalam tanah, sedangkan yang melarut dalam air dapat diberikan pada waktu tanam atau segera sesudahnya, sebab fosfat dibutuhkan untuk merangsang pertumbuhan akar.

Pupuk kalium dapat diberikan sebelum tanam atau waktu tanam. Pada tanaman tahunan pupuk diberikan pada awal dan akhir musim penghujan, karena pada musim penghujan tanaman tumbuh dengan cepat.

e) Cara Pemberian Pupuk

Cara pemberian atau penempatan pupuk beragam, tergantung dari berbagai faktor antara lain jenis tanaman, pupuk dan sifat tanah. Pada prinsipnya pupuk ditempatkan sedemikian rupa sehingga tanaman memperoleh hara tanaman semaksimal mungkin. Cara pemberian pupuk yang umum dilakukan yaitu:

1. Ditabur (*broadcast*)

Pupuk ditabur (disebar merata di permukaan tanah) kemudian dibenamkan dangkal atau agak dangkal. Biasanya digunakan pada pemupukan dengan pupuk kompos, kandang, pupuk yang mudah larut, pupuk fosfat yang larut dalam asam sitrat (basic slag, dikalsium fosfat, batuan fosfat, pupuk tepung tulang untuk tanah masam (moderat sampai sangat masam) dan juga pemberian kapur pada tanah masam. Pemupukan susulan pada padi juga disebaraskan asalkan daun padi tidak basah, untuk menghindari kerusakan daun.

2. *Top Dressing* yaitu pupuk disebar setelah tanaman tumbuh dan tidak dibenamkan.

3. *Side dressing* yaitu pupuk disebar sepanjang sisi tanaman untuk menghindari kerusakan daun, biasanya bersamaan dengan penyiangan.

4. Pemupukan pada jalur-jalur sepanjang barisan tanaman atau jalur pembajakan sehingga pupuk berada dalam daerah perakaran atau melingkar sekeliling tanaman (*band placement*).

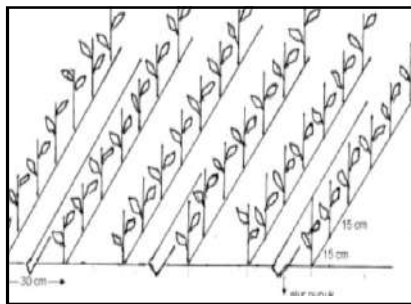
5. Pemupukan setempat-setempat (*drill placement*) penempatan tidak jauh dari biji atau tanaman, terutama bila dosis pupuk tidak banyak. Sebagai contoh yang umum pemupukan pada jagung dan tembakau. Pada jagung pupuk diberikan pada akar tugal dengan jarak 7 – 15 cm dari tanaman.

6. Pupuk cair dapat diberikan melalui penyemprotan ke daun, langsung ke tanah dan melalui air irigasi.

Cara penempatan pupuk disajikan pada Gambar 8.5 a-g.



Gambar 8.5a Pupuk disebar sebelum tanam (*broadcast*)



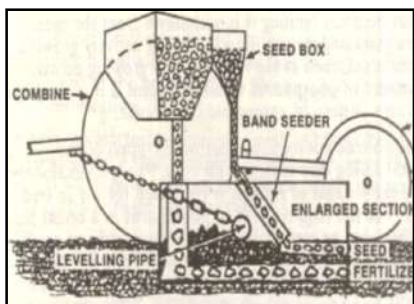
Gambar 8.5b Pemupukan pada tanaman kenaf (30x15cm) Pupuk ditempatkan pada alur pupuk (*band placement*) di antara dua baris tanaman



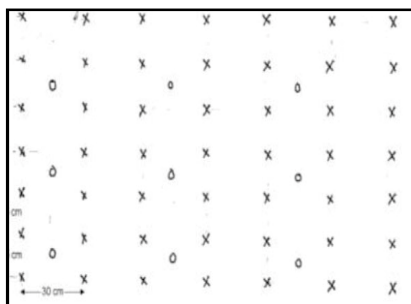
Gambar 8.5c Pupuk ditempatkan pada alur melingkar (*band placement*)



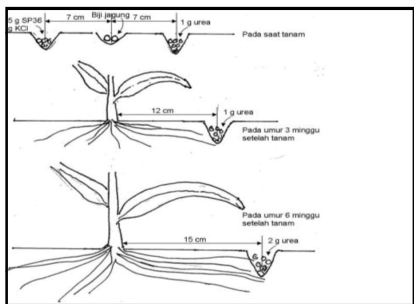
Gambar 8.5d Pupuk ditempatkan pada alur pupuk (*band placement*) menggunakan traktor



Gambar 8.5e Pupuk ditempatkan pada alur pupuk (*band placement*) menggunakan traktor



Gambar 8.5f Pemupukan pada tanaman kenaf (30x15cm) Pupuk ditempatkan pada lubang pupuk (*drill placement*).x-tanaman kenaf; o-lubang pupuk



Gambar 8.5g Pemupukan pada tanaman jagung (*drill placement*)

Pupuk yang diberikan ke tanah harus segera ditutup tanah agar tidak terjadi kehilangan unsur hara akibat penguapan atau ikut aliran air hujan.

8.5 Menentukan Kebutuhan Pupuk

Terdapat beberapa cara untuk menentukan kebutuhan pupuk bagi tanaman, antara lain yaitu:

8.5.1 Percobaan Lapangan

Percobaan lapangan banyak digunakan dalam menentukan kebutuhan pupuk yang meliputi kebutuhan jenis unsur hara, dosis pupuk, cara pemupukan dan waktu pemupukan yang tepat. Kebutuhan pupuk bagi tanaman beragam, tergantung dari kondisi lingkungannya. Dengan kata lain kebutuhan pupuk memang spesifik lokasi seperti halnya komponen agronomi yang lain, yaitu varietas, populasi, dan jarak tanam serta sistem tanam. Meskipun respon tanaman mendekati keadaan yang sesungguhnya, percobaan lapangan membutuhkan biaya besar karena harus dicoba diberbagai lokasi dan musim tanam yang berbeda. Respon tanaman di lapangan merupakan pencerminan interaksi berbagai faktor genetik tanaman dengan lingkungan (iklim dan tanah). Umumnya percobaan pemupukan dirancang dalam percobaan faktorial untuk melihat perbedaan faktor utama maupun interaksinya dan sering juga untuk menentukan berapa dosis pupuk maksimum dan optimum. Pada Tabel 8.8 disajikan hasil percobaan pemu-

Tabel 8.8 Hasil serat kenaf varietas Hc 48 di lahan Bonorowo, Nganjuk, MT (1986/1987)

Dosis Pupuk		Hasil serat (ton / ha)
N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	
20	60	2,18
40	60	2,60
60	60	3,58
80	60	3,85
100	60	3,27

*) Sumber: Sastrosupadi (1987)

pukan N pada dosis P yang tetap terhadap hasil serat kenaf varietas Hc 48 di lahan Bonorowo, Nganjuk tahun 1986/1987.

Dari Tabel tersebut dihasilkan kurva kuadratik sebagai berikut:

$$\hat{Y} = 0,7120 + 0,07522 N - 0,0004839 N^2$$

Bila dosis N = 0, maka Y = 0,7120 ton/ha dinamakan intersep. Intersep atau b_0 merupakan perpotongan antara kurva dengan sumbu Y

Dosis maksimum

Dosis maksimum diperoleh bila fungsi turunan pertama = 0

$\hat{Y} = b_0 + b_1 N + b_2 N^2$, fungsi ini akan terbentuk parabolik bila b_1 nilainya positif dan b_2 negatif.

$$\frac{dY}{dN} = \frac{d(b_0 + b_1 N + b_2 N^2)}{dN} = b_1 + 2b_2 N = 0$$

$$\frac{dY}{dN} = 0,07522 - 2(0,0004839 N) = 0$$

$$N \text{ maksimum} = \frac{0,07522}{-2(0,0004839)} = 77,72 = 78 \text{ kg/ha}$$

Dosis optimum

Dosis optimum N yaitu dosis yang dicapai pada waktu terjadi keseimbangan antara input marginal dengan output marginal yang dalam teori ekonomi ditulis sebagai berikut:

$$\Delta N \times p = \Delta y \times q$$

ΔN = kenaikan dosis N

p = harga satu unit N

Δy = kenaikan hasil

q = harga satu unit hasil

$$\frac{\Delta Y}{\Delta N} = \frac{p}{q}, \quad \frac{dY}{dN} = \frac{p}{q}$$

$$b_1 + 2b_2 N = \frac{p}{q}$$

$$0,07522 - 2(0,0004839 N) = \frac{p}{q}$$

Sehingga dosis N optimum bergantung dari rasio harga satu unit pupuk dan satu unit hasil. Pada MT 1986 / 1987 tersebut harga 100 kg urea (40 % N) sebesar Rp.30.000,-, berarti harga 1 kg N = Rp. 750,-, sedangkan harga 1 kg serat Rp. 575,- berarti harga 1 ton serat sebesar Rp. 575.000,-, sehingga diperoleh:

$$\frac{dY}{dN} = \frac{750}{575.000} = 0,0013$$

$$0,07522 - 0,0009678 N = 0,0013$$

$$N_{\text{optimum}} = \frac{0,07522 - 0,0013}{0,0009678}$$

$$= 76,38$$

$$= 76 \text{ kg / ha}$$

Dosis N optimum yaitu dosis yang memberikan keuntungan maksimum

Pada Tabel 8.9 disajikan hasil percobaan faktorial NP terhadap hasil serat kenaf varietas Hc 48 di lahan bonorowo, Nganjuk MT 1986 / 1987.

Dari Tabel tersebut diperoleh persamaan permukaan respon (*response surface*):

$$\hat{Y} = -0,11069 + 0,066707 N - 0,00044464 N^2 + 0,03122P - 0,00023P^2 + 0,00004 NP, \text{ dimana } P = P_2O_5$$

Dosis maksimum

Dosis N dan P_2O_5 maksimum diperoleh melalui fungsi turunan pertamanya yaitu:

$$\frac{dY}{dN} = 0 \longrightarrow 0,066707 - 2 (0,00044464 N) + 0,00004 P \quad (1)$$

$$\frac{dY}{dN} = 0 \longrightarrow 0,03122 P - 2 (0,00023 P) + 0,00004 N \quad (2)$$

Tabel 8.9 Pengaruh pemupukan N dan P terhadap hasil serat kenaf varietas Hc48

Dosis Pupuk		Hasil serat (t / ha)
N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	
1	20	2,10
2	40	2,60
3	60	3,12
4	80	3,55
5	100	2,05
6	20	2,18
7	40	2,60
8	60	3,58
9	80	3,58
10	100	3,27
11	20	2,24
12	40	2,72
13	60	3,55
14	80	3,85
15	100	3,26

*) Sumber : Sastrosupadi (1987)

N (Urea 40%); P₂ O₅ (TSP : 40 % P₂O₅)
 1 kg Urea = Rp. 300,- ; 1 kg TSP = Rp. 400,-
 1kg N = Rp. 750,-; 1 kg P₂O₅= Rp.1000,-

Dari persamaan (1) dan (2) diperoleh :
 N maksimum 78, 37 kg / ha atau 78 kg / ha
 P₂O₅ maksimum 74, 68 kg / ha atau 75 kg / ha

Dosis optimum

$$\frac{dY}{dN} = \frac{\text{harga 1kg N}}{\text{harga 1 ton serat}} = \frac{750}{575.000} = 0,0013$$

$$0,066707 - 2 (0,00044464 N) + 0,00004 P = 0,0013 \quad (3)$$

$$\frac{dY}{dN} = \frac{\text{harga 1 kg } P_2O_5}{\text{harga 1 ton serat}} = \frac{1000}{575.000} = 0,0013$$

$$0,03122 - 2 (0,00023 P) + 0,0004 N = 0,0017 \quad (4)$$

Dari persamaan (3) dan (4) akhirnya diperoleh

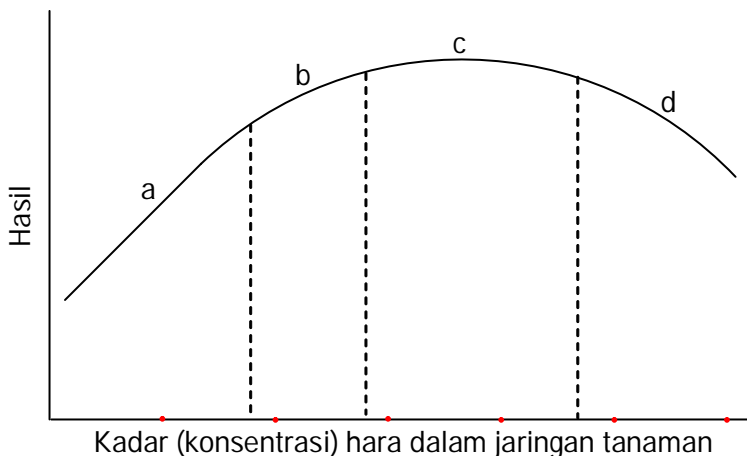
N optimum = 76,74 kg/ha atau 77 kg/ha

P_2O_5 optimum = 70,85 kg/ha atau 71 kg/ha

Dosis optimum tersebut memberikan keuntungan yang maksimum, besarnya dosis optimum ditentukan oleh rasio harga 1 unit pupuk dan harga 1 unit hasil.

8.5.2 Analisis Jaringan Tanaman

Analisis jaringan tanaman sangat membantu dalam mendiagnosis problem-problem hara atau nutrisi tanaman. Metode ini digunakan berdasarkan fakta adanya hubungan antara kadar suatu hara dalam tanaman dengan ketersediaannya dalam tanah. Kegunaan jaringan analisis antara lain: 1) Untuk mengetahui gejala kekurangan (kekahatan, defisiensi) suatu hara baik yang terlihat maupun tidak. 2) Mem-



Gambar 8.6 Hubungan kadar suatu hara dalam jaringan tanaman dengan hasil

pelajari interaksi berbagai hara. 3) Mempelajari fungsi internal dari hara tanaman. 4) Studi identifikasi problem-problem suatu produksi tanaman. Hubungan antara kadar hara dalam jaringan tanaman disajikan pada Gambar 8.6.

Terdapat empat zona yaitu; a. Zona kahat atau defisiensi, b. Zona kritis atau konsentrasi hara kritis (KHK), c. Zona kecukupan (luxury) dan d. Zona keracunan. Pada zona kahat terdapat hubungan yang erat antara konsentrasi (kadar) hara dalam jaringan tanaman dengan peningkatan hasil, artinya peningkatan konsentrasi suatu hara sedikit saja dapat meningkatkan hasil yang tinggi. Pada zona kecukupan peningkatan konsentrasi suatu hara tidak meningkatkan hasil. Pada zona kritis yaitu zona di antara zona kekahatan dan kecukupan merupakan zona terjadinya peningkatan hasil yang optimum dan sering disebut sebagai konsentrasi kritis hara dalam jaringan tanaman.

Tanaman kenaf (*Hibiscuscannabinus*)

Penelitian penggunaan analisis jaringan tanaman untuk pengelolaan hara dan peningkatan hasil serat kenaf telah dilaksanakan di Pekuwon, Bojonegoro pada tanah vertisol, mulai bulan Agustus 1997 sampai dengan Maret 1998. Hasil percobaan menunjukkan bahwa untuk digunakan sebagai contoh analisis jaringan tanaman kenaf adalah daun paling atas yang telah dewasa (terbuka sempurna), umur tanaman yang paling sesuai pada 60 HST (Hari Setelah Tanam) dan bentuk N adalah N- total. Hubungan antara kadar N – total daun dengan hasil serat pada umur 60 HST (Hariyono *dkk.*, 1998) sebagai berikut :

$$Y = - 8520,906 + 4881X - 574,85X^2 (R^2 = 0,575)$$

Y = Hasil serat kg / ha ; X = Kadar N – total dalam %

Kadar N- total maksimum di cari dengan rumus

$$X \text{ maksimum} = \frac{-b_1}{2b_2} = \frac{-4881}{2(-5741,85)} = 4,25\%$$

Jadi N – total maksimum = 4,25% dan hasil serat maksimum yang diperoleh dari kurva hubungan tersebut sebesar 1.840 Kg mem-

beri arti bila kadar N – total kurang dari 4,25 %, maka masih dimungkinkan untuk memberi pupuk N susulan agar hasil serat dapat maksimum. Pada 60 – 90 HST masih terjadi pertumbuhan vegetatif yang pesat, laju pertumbuhan, tinggi tanaman dan diameter batang masih besar.

Tanaman jagung

Penelitian penggunaan analisis jaringan tanaman untuk menduga kebutuhan pupuk nitrogen dan produksi jagung telah dilaksanakan di Bedali, Malang pada bulan Mei sampai dengan September 1997 (Gunarta *dkk.*, 1974). Hasil percobaan menunjukkan bahwa jaringan tanaman yang sesuai yaitu daun termuda yang sudah terbuka sempurna pada umur 45 HST dan bentuk N adalah N – total. Hubungan antara kadar N total daun dengan produksi biji pada 45 HST yaitu:

$$Y = -27,13 + 21,88X \text{ (} R^2 = 0,71 \text{)}$$

Y = hasil jagung dalam q / ha

X = kadar N – total (%)

Dari hubungan ini memberi arti adanya kemungkinan menambah pupuk N pada umur 45 -60 hari bila ternyata kadar N total daun menunjukkan kekurangan nitrogen, sehingga produksi dapat di tingkatkan mencapai optimal.

Tanaman kapas (*Gossypium sp.*)

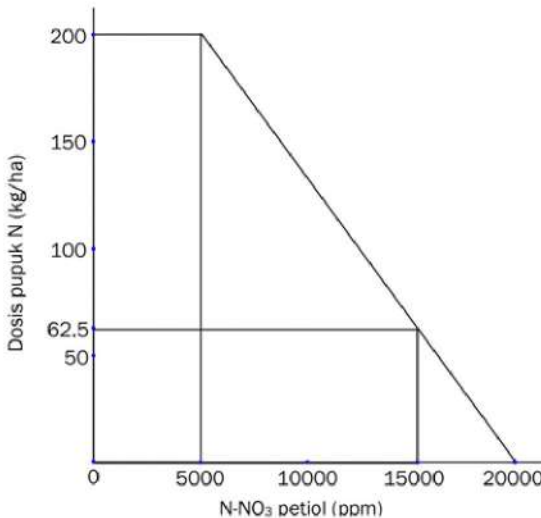
Pada tanaman kapas telah lama di kenal penggunaan analisis jaringan petiole daun kapas untuk menduga kebutuhan pupuk, khususnya pupuk N. Petiole yang dianalisis yaitu petiole daun termuda, yang sudah membuka dan terletak pada batang utama. Konsentrasi hara nitrogen – nitrat ($\text{NO}_3 - \text{N}$) dari petiole daun kapas selama pertumbuhannya secara langsung berhubungan erat dengan tingkat pemupukan N dan hasil serat (Berger, 1969). Banyak faktor yang mempengaruhi konsentrasi $\text{NO}_3 - \text{N}$ petiole antara lain macam varietas kapas seperti yang terlihat pada Tabel 8.10.

Tabel 8.10 Tingkat $\text{NO}_3 - \text{N}$ yang dibutuhkan pada stadium pertumbuhan tanaman kapas di Arizona, Amerika Serikat

Stadium Pertumbuhan	tingkat $\text{NO}_3 - \text{N}$ yang dibutuhkan (ppm) var. Acala	var. Deltapine
Permulaan kuncup bunga	15000	18000
Bunga pertama	12000	14000
Buah pertama	6000 – 8000	8000 – 10000
Buah pertama merekah	4000	4000

Sumber: Berger (1969)

Mengingat pertumbuhan tanaman yang indeterminate yaitu adanya pertumbuhan vegetatif dan generatif yang bersamaan dan puncak pembungaan terjadi pada 80 – 100 HST, maka mendeteksi kebutuhan pupuk N agar diperoleh hasil yang optimum perlu dilakukan pada awal pembungaan (kurang lebih umur 45 hari). Hasil penelitian Kadarwati *dkk.* (1994) tentang hubungan kadar nitrat petiol daun kapas dengan dosis pupuk N disajikan pada Gambar 8.6. Dari hubungan ini dapat ditentukan kebutuhan pupuk N susulan yang dibutuhkan dan besar kecilnya sangat ditentukan oleh kadar nitrat petiole, semakin rendah



Gambar 8.7 Hubungan antara kadar nitrat petiol dengan kebutuhan N kapas pada saat awal pembungaan

semakin besar pula kebutuhan pupuknya. Bila kadar $\text{NO}_3 - \text{N}$ diketahui sebesar 15000 rpm, maka kebutuhan pupuk N sebesar 62,5 kg N / ha atau setara dengan 139 kg urea. Dari analisis nitrat petiole yang dipupuk dengan dosis 91 kg N / ha pada awal pembungaan (108 HST) menghasilkan kadar N- NO_3 rata-rata 19,709 rpm, sehingga berdasarkan Gambar 8.7, tidak perlu diberi tambahan pupuk N.

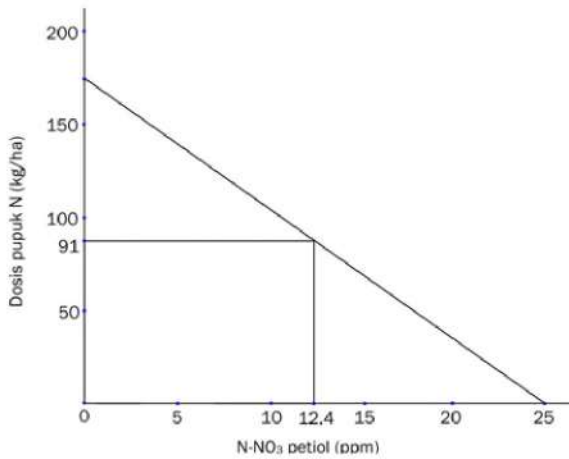
8.5.3 Analisis Tanah

Analisis tanah diperlukan untuk menilai status kesuburan tanah dengan tujuan untuk memberi rekomendasi pemupukan untuk lahan pertanian khususnya untuk petani. Dalam analisis tanah ini juga termasuk sifat-sifat tanah yang lain seperti: tekstur tanah, pH, bahan organik yang dapat digunakan untuk ameliorasi tanah bila tanah telah mengalami kemunduran. Analisis tanah lebih rumit dibandingkan dengan analisis dan jaringan tanaman, karena memerlukan reagen yang spesifik tergantung dari hara yang akan di analisis dan jenis tanahnya. Hasil analisis tanah masih perlu dikalibrasi dengan percobaan-percobaan lapang maupun uji pot dalam rumah kaca. Kriteria penilaian sifat-sifat kimia tanah menurut Pusat Penelitian Tanah (1983) disajikan pada Tabel 2.6.

8.5.4 Analisis Nitrat Tanah

Kadarwati *dkk.* (1994) telah meneliti kadar nitrat tanah ($\text{N} - \text{NO}_3$) di kebun percobaan Mojosari, Balittan Malang pada bulan Mei sampai November 1992 pada tanaman kapas yang berpengairan kadar $\text{N} - \text{NO}_3$ tanah dari hasil analisis tanah sebesar 12,4 ppm sehingga berdasarkan Gambar 8.8 tersebut pupuk N yang dibutuhkan sebesar 91 kg / ha.

Hasil percobaan Kadarwati *dkk.* (1994) tersebut di atas menunjukkan bahwa pemupukan N pada kapas berpengairan yang ditanam secara tunggal (*sole cropping*) dapat diberikan berdasarkan analisis nitrat tanah dan jaringan tanaman (petiol daun). Dosis 91 kg N / ha dapat diberikan pada awal pembungaan (68 HST) dan hasil tertinggi



Gambar 8.8 Hubungan antara nitrat tanah dengan kebutuhan nitrogen pada kapas

kapas berbiji (serat berbiji) untuk varietas LRA 5166 dan Quebracho masing-masing sebesar 2497,67 dan 2396,58 kg / ha.

8.5.5 Perangkat Uji Tanah Sawah

Balai Penelitian Tanah Bogor telah menciptakan alat perangkat uji tanah sawah *PUTS* (*Paddy Soil Test Kit*) yaitu perangkat alat bantu analisis kimia tanah yang dapat dikerjakan dengan cepat, mudah, relatif akurat dan sederhana untuk penetapan unsur fosfor (P), kalium (K), dan pH tanah sawah di lapang seperti pada Gambar 8.9.



Gambar 8.9 Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS) dengan berbagai reagen kimia

Tahapan penggunaan PUTS

- Persiapan contoh tanah : cara atau metode pengambilan contoh tanah.
- Proses ekstraksi contoh tanah
- Proses pengukuran kadar hara dan penetapannya
- Menetapkan rekomendasi pupuk

Prinsip pengambilan contoh tanah disajikan pada Gambar 8.10.

- Pilihlah lahan sawah yang mau ditentukan rekomendasinya.
- Satu contoh mewakili daerah daerah yang seragam kesuburannya.
- Contoh diambil pada kondisi dominan
- Harus di tengah petakan
- Volume dan kedalaman sama.
- Dicampur sampai rata.



Gambar 8.10 Pengambilan Contoh Tanah

Prinsip kerja PUTS

- Mengekstrak hara tanah

PUTS mengekstrak hara tanah (P, K) yang berada dalam larutan tanah.

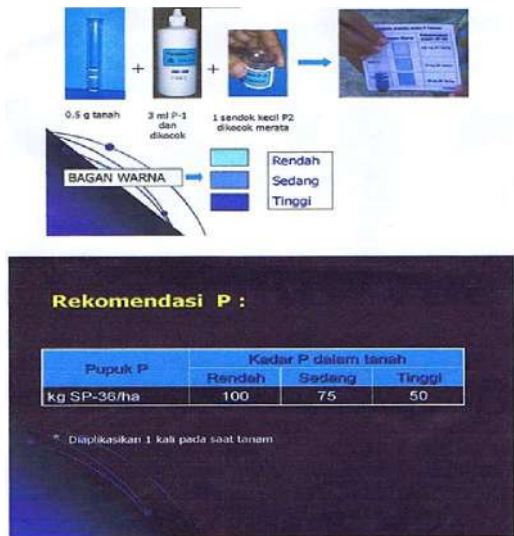
Hara ini dapat digunakan/diserap langsung oleh tanaman.

- Mengukur kadar hara

Pengukuran dilakukan dengan metode pewarnaan (kolorimetri), hasil pengukuran bersifat semi kuantitatif. Digolongkan menjadi kelas rendah, sedang dan tinggi.

Cara penetapan P tanah disajikan pada Gambar 8.11.

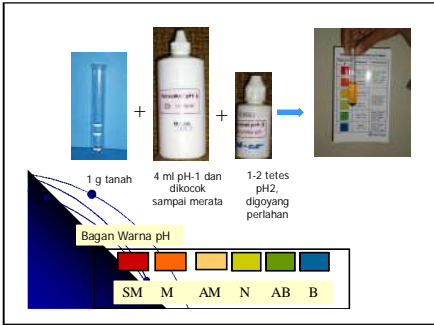
- 0,5 g tanah atau 0,5 ml tanah yang diambil dengan tabung suntik (syringe) + 3 ml pereaksi P-1 dan diaduk sampai merata.
- Larutan + 5 – 10 butir atau 5 mg perekat P-2, dikocok sampai merata.
- Diamkan larutan selama 10 menit maka tanah akan mengendap, kemudian larutan jernih di atasnya diamati warnanya lalu dibandingkan dengan bagan warna P.



Gambar 8.11 Penetapan P tanah

Cara penetapan K tanah disajikan pada Gambar 8.10.

- 0,5 g tanah atau 0,5 ml tanah yang diambil dengan tabung suntik syringe ditambah 2 ml pereaksi K-1, lalu kocok sampai rata.
- Selanjutnya larutan ditambah lagi 1 tetes pereaksi K-2, lalu kocok sampai merata.
- Kemudian larutan tersebut ditambah 1 tetes pereaksi K-3, lalu kocok sampai merata.
- Diamkan larutan selama 10 menit maka tanah akan mengendap, lalu larutan jernih di atasnya diamati warnanya dengan bagan warna.



REKOMENDASI:

Nilai pH	Kategori	Rekomendasi
<4	Sangat masam	Sistem drainase terputus Kapur 1-2 t/ha
4-5	Masam	Pupuk N dalam bentuk Urea
5-6	Agak masam	Sistem drainase konvensional
6-7	Netral	- Pupuk N dalam bentuk Urea
7-8	Agak basa	Sistem drainase konvensional Pupuk N dalam bentuk ZA
>8	Basa	Pupuk N dalam bentuk ZA Pencucian garam

Gambar 8.12 Penetapan pH tanah

Hasil penetapan nilai pH tersebut kemudian disesuaikan dengan standar seperti pada Tabel 8.11.

Tabel 8.11 Rekomendasi berdasarkan nilai pH

REKOMENDASI:

Nilai pH	Kategori	Rekomendasi
<4	Sangat masam	Sistem drainase terputus Kapur 1-2 t/ha
4-5	Masam	Pupuk N dalam bentuk Urea
5-6	Agak masam	Sistem drainase konvensional
6-7	Netral	- Pupuk N dalam bentuk Urea
7-8	Agak basa	Sistem drainase konvensional Pupuk N dalam bentuk ZA
>8	Basa	Pupuk N dalam bentuk ZA Pencucian garam

Hasil analisis tanah di lokasi demplot disajikan pada Tabel 8.12.

Tabel 8.12 Hasil analisis tanah di lokasi demplot

Lokasi	Liat	pH	C	N	P HCl	K HCl	P-Olsen	K-dd	Zn
	%		%		mg/100 g		ppm	me	ppm
Dem 1	78	7,2	1,00	0,08	132	59	65	0,91	1,2
Dem 2	65	7,5	0,81	0,07	125	44	44	0,46	1,1

Sumber: Krismawati (2012)

8.5.6 Penetapan Kebutuhan N dengan Bagan Warna Daun (BWD =LCC - Leaf Color Chart)

Penetapan waktu dan kebutuhan pupuk N dengan menggunakan bagan warna daun untuk (BWD atau LCC: Leaf Color Chart) tanaman padi dirintis oleh IRRI (*International Rice Research Institute*) Philipine dan akhirnya digunakan juga di Indonesia oleh BPTP (Balai Pengkajian Teknologi Pertanian). Cara penggunaan BWD (BPTP Sumatera Utara, 1991) yaitu:

- Pilih 5 daun tanaman padi secara acak untuk setiap petak lahan. Bagian daun yang diukur warnanya adalah yang paling atas dan sudah terbuka penuh. Bandingkan bagan tengah daun tersebut dengan BWD.
- Nilai hasil pengukuran warna daun dicatat dan dirata-ratakan. Sebagai contoh, jika skala dari 5 daun yang diukur masing-masing adalah 4,3,5,4 dan 4 berarti rata-rata skala warna daun adalah $20 : 5 = 4$.
- Bila rata-rata skala warna daun sama atau kurang dari 4, maka tanaman perlu dipupuk sebanyak 20 kg N/ha atau 45 kg Urea/ha. Jika rata-rata warna daun lebih besar dari 4, tanaman tidak perlu dipupuk.
- Pengukuran warna daun dilakukan setiap hari mulai pada saat tanaman berumur 14 hari setelah tanam untuk sistem tanam pindah atau jajar legowo 4 : 1.
- Dalam menggunakan cara BWD ini agar hasil optimum maka

pemakaian pupuk selain N seperti P, K, S, Mg, Ca, Zn, Cn, dan Si, harus dalam keadaan seimbang. Penggunaan BWD ini sekarang tidak hanya untuk tanaman padi, tetapi sudah dicoba pula pada tanaman jagung. Pada Gambar 8.13 disajikan cara penggunaan dan pembacaan skala BWD.



Gambar 8.13 Cara penggunaan BWD pada tanaman padi dan jagung (Liptan, 1999)

Hasil penetapan bagan warna daun di Simalungun Sumatera Utara disajikan pada Tabel 8.13.

Tabel 8.13 Perbandingan hasil padi dan efisiensi pemupukan N (urea) dengan total dan tanpa penggunaan Bagan Warna Daun (BWD)

Perlakuan/dasar pemberian N (urea)	Total pemberian pupuk N (kg N/ha)	Hasil gabah (ton GKG/ha)	Efisiensi pemupukan (kg gabah/kg pupuk N)	Rasio terhadap 5x pemberian N
Warna daun skala-2 pada BWD	40	4,99	9,5	0,89
Warna daun skala-4 pada BWD	60	5,21	10,0	0,93
Urea diberikan 5 x	80	5,47	10,7	–
Tanpa N	0	4,61	–	–

GKG = Gabah Kering Giling

*) Sumber: BPTP Simalungun Sumatera Utara (1998)

BPTP Jawa Timur telah membuat rekomendasi pemupukan N berdasarkan target produksi berdasarkan pembacaan BWD seperti pada Tabel 8.14.

Tabel 8.14 Rekomendasi pemupukan N berdasarkan target produksi dan pembacaan BWD

Pembacaan BWD	Target hasil (GKG)		
	7t / ha Dosis pupuk urea (kg / ha)	8t / ha	9t / ha
Pemupukan N ke 2 (21 – 28 HST)			
BWD ≤ 3,0	125	150	175
BWD = 3,5	100	125	150
BWD ≥ 4,0	50	50	75
Pemupukan N Ke 3 (35 – 45 HST)			
BWD ≤ 3	125	150	175
BWD = 3,5	100	125	150
BWD ≥ 4,0	50	50	75

*)Sumber: Kasijadi, *dkk.* (2012)

Keterangan : pada saat melakukan pengukuran, daun harus dilindungi dari sinar matahari langsung, dapat menggunakan tubuh, payung dan lain-lain.

8.6 Hasil Penelitian

Pada Tabel 8.15 disajikan pengaruh pengolahan tanah, residu tanaman penutup tanah dan dosis N terhadap hasil pipilan jagung varietas Gumarang (Subaedah, 2004).

Tabel 8.15 Pengaruh pengolahan tanah, residu tanaman penutup tanah dan dosis N terhadap hasil jagung varietas Gumarang

Perlakuan	Hasil pipilan jagung var. Gumarang (t/ha)
<i>Pengolahan tanah</i>	
OT Minimum	6,29 a
OT Konvensional	5,95 b
<i>Lahan bekas TPT x N</i>	
Tanpa TPT x 0 kg N	3,82 e
Tanpa TPT x 45 kg N	4,16 e
Tanpa TPT x 90 kg N	5,25 d
Tanpa TPT x 135 kg N	5,77 cd
<i>Bekas Cp x 0</i>	
Bekas Cp x 0	5,44 cd
Bekas Cp x 45	6,27 bc
Bekas Cp x 90	7,14 a
Bekas Cp x 135	6,59 bc
<i>Bekas Ca x 0</i>	
Bekas Ca x 0	5,74 cd
Bekas Ca x 45	6,87 ab
Bekas Ca x 90	7,32 a
Bekas Ca x 135	6,71 b
<i>Bekas Mp x 0</i>	
Bekas Mp x 0	6,04 c
Bekas Mp x 45	7,18 a
Bekas Mp x 90	7,44 a
Bekas Mp x 135	6,18 b

Keterangan: Angka yang didampingi oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%.

OT Minimum pengolahan tanah dilakukan satu kali dan huruf pada barisan yang akan ditanami jagung, tanaman penutup tanah dan residu tanaman jagung yang dipakai digunakan sebagai mulsi.

OT Konvensional: lahan dibersihkan dari penutup tanah dan residu tanaman jagung kemudian dibajak, diikuti penggaruan dan penataan.

Cp : *Centrosoma pubescens*; Ca : *Crotalaria anagyroides*;

Mp : *Mucuna pruriens*

Sumber: Subaedah (2004)

Kesimpulan: Olah tanah minimum lebih bagus daripada olah tanah konvensional. Penggunaan tanaman penutup tanah cukup efektif, terdapat interaksi antara residu bahan organik

dengan dosis N. Residu bahan organik dapat meningkatkan efisiensi pupuk N, dan pemakaian 135 kg N/ha menjadi 90 kg N/ha pada jenis tanah latosol, tipe iklim D₃ (oldeman), tinggi tempat 200 m dpl.

Fitriningdyah dan Riajaya pada tahun 2003 meneliti respons varietas kapas dan jagung terhadap jenis pupuk organik dan pupuk anorganik di jenis tanah grumosol kelabu tua di desa Pendem, Ngaringan, Grobogan, dengan sistem tumpangsari yang hasilnya disajikan pada Tabel 8.16.

Tabel 8.16 Pengaruh jenis pupuk organik dan pupuk anorganik terhadap hasil beberapa varietas kapas dan varietas jagung Pioneer 4

Perlakuan	Hasil kapas kering(t/ha)	Hasil pipilan jagung(t/ha)
<i>Pupuk kandang</i>		
Tanpa pukan	1594,72 c	3070,10 c
Pukan 5 t/ha	1777,35 b	3482,20 b
Bokashi 5 t/ha	1859,98 a	3793,70 a
<i>Pupuk N, P, K</i>		
N ₃₀ P ₀ K ₁₅	616,33 b	3471,70 a
N ₆₀ P ₁₈ K ₃₀	11877,96 a	3402,60 a
N ₉₀ P ₃₆ K ₄₅	1904,45 a	3471,70 a
<i>Varietas kapas</i>		
Kanesia 7	1799,14 a	3259,90 b
Kanesia 8	1790,91 a	3548,30 a
Kanesia 9	1808,69 a	3537,80 a

*)Angka yang didampingi oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji jarak Duncan 5%.

Bokashi terdiri atas campuran kotoran sapi, arang, sekam, dedek yang difermentasi dengan EM4.

Sistem tanam tumpangsari 3 baris kapas, 2 baris jagung.

Sumber: Fitriningdyah dan Riajaya (2003)

Kesimpulan: Penggunaan pukan dapat meningkatkan hasil kapas dan jagung, bokashi lebih efektif dibandingkan dengan pukan sapi. Penggunaan pukan maupun bokashi dapat mening-

katkan efisiensi pupuk anorganik dan dosis $N_{90}P_{36}K_{45}$ menjadi $N_{60}P_{18}K_{30}$. Masih memerlukan kombinasi antara pupuk organik dengan anorganik, sebab fungsi utama dari bahan organik/pupuk anorganik untuk perbaikan fisik tanah.

Yunizar, *dkk.* pada tahun 2010 meneliti pengaruh macam kompos terhadap hasil kedelai varietas Anjasmoro di lahan pasang surut tipologi serapan C di desa Bunga Raya Siak Riau, tipe iklim B1 (oldeman *et al.* 1979), hasilnya disajikan pada Tabel 8.17.

Tabel 8.17 Pengaruh macam kompos terhadap hasil kedelai varietas Anjasmoro di desa Bunga Raya, Siak Riau

Macam kompos(4 ton/ha)	Biji kedelai(t/ha)
Tandan kosong kelapa sawit	1,88 a
Jerami padi	1,83 a
Biomassa gulma	1,95 a
Kotoran sapi	2,17 a

*) Angka yang didampingi oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji jarak Duncan 5%.

Sumber: Yunizar *dkk.* (2003)

Kesimpulan: Hasil yang diperoleh menunjukkan jenis kompos tidak berpengaruh terhadap hasil kedelai. Diduga sifat fisik maupun kimia dari keempat kompos tersebut sama.

BAB IX PANEN GANDA

Apabila kita mengamati hamparan tanaman di lahan pertanian pada segmen waktu tertentu seperti di Kabupaten Malang, Blitar, Kediri, Nganjuk dan Madiun atau di daerah-daerah lain di pulau Jawa maka akan terlihat kondisi sebagai berikut: terdapat tanaman padi tunggal, tanaman jagung tunggal, jagung ditanam bersama-sama dengan kedelai atau kacang tanah atau kacang hijau. Menjelang jagung akan di panen di tanam kacang panjang sehingga pohon jagung dapat dijadikan sebagai tiang perambat. Kondisi semacam itu dapat dilihat pada Gambar 9.1 dimana pada suatu hamparan lahan terdapat tanaman tunggal kacang tanah, jagung, dan tebu.



Gambar 9.1 Kondisi penanaman di lahan pertanian di Kabupaten Blitar

9.1 Definisi Tanam Ganda

Adanya keragaman kondisi penanam seperti Gambar 9.1, maka perlu disepakati berbagai definisi atau istilah keragaman penanaman yang terdapat di lahan pertanian. Banyak pakar pertanian yang membuat definisi dan yang umumnya dipakai sebagai acuan yaitu yang dibuat oleh Andrews dan Kassam (1976). Definisi yang dibuat lengkap sekali, tetapi yang disajikan dalam tulisan ini hanya yang umum dilakukan oleh petani. Beberapa definisi yang umum digunakan dalam tanam ganda yaitu:

- Tanam ganda (*multiple cropping*) ada yang menyebut tanam berganda, penanaman berganda, pertanaman berganda, panen berganda dan tumpanggilir. Tanam ganda: intensifikasi tanam dalam matra (dimensi) waktu dan ruang, menanam dua jenis tanaman atau lebih di sebidang lahan selama setahun. Hal ini mempunyai pengertian adanya usaha pemanfaatan ruang dan waktu yang efisien, dengan cara menanam dua atau lebih tanaman yang diatur secara bergiliran (*sequintial*) atau bertumpangan (bersamaan) (Andrews dan Kassam, 1976).
- Sistem penanaman > 1 macam tanaman secara beruntun pada lahan tertentu yang penanaman tanaman kedua dilakukan saat tanaman pertama mencapai pertumbuhan reproduksi sebelum panen (Tim Penyusun Kamus PS, 2013).
- Tanam ganda dinamakan juga tumpanggilir. Tumpanggilir terdiri dari dua kata yaitu tumpangsari dan pergiliran tanaman. Tanam tumpanggilir adalah suatu usaha penanaman secara tumpangsari, bersisipan, ratoon, bergiliran dan lain-lain yang mendatangkan panen habis lebih dari satu kali selama periode satu tahun pada sebidang lahan (Nuryadi, 1978).
- Tanam ganda yaitu menanam dua tanaman atau lebih pada lahan yang sama selama satu tahun, pada saat yang sama atau suatu tanaman setelah tanaman yang lainnya atau kombinasi dari keduanya (Reijntjes, 1992).
- Tanam ganda adalah kombinasi dari *sequencecropping*, *relay cropping*, dan *intercropping*. *Sequence cropping* adalah tanaman

tunggal yang ditanam setelah tanaman lain dalam waktu berturut-turut dengan biji atau bibit (*transplanting*). *Relay cropping* adalah menanam tanaman dengan biji atau bibit diantara barisan tanaman lain sesaat sebelum panen. *Intercropping* adalah menanam dua tanaman atau lebih yang berbeda umur atau sama baik dengan biji atau bibit pada waktu bersamaan, pada lahan yang sama untuk memaksimalkan pemanfaatan suhu, radiasi matahari, dan ruang memungkinkan (Anonymous, 1980).

- Tanam ganda adalah suatu sistem bercocok tanam pada sebidang tanah dengan cara satu atau beberapa kali bertanam dengan menggunakan satu atau beberapa jenis tanaman dalam jangka waktu tertentu (1 tahun) untuk meningkatkan produksi usahatani dan pendapatan, persatuan luas dan waktu (produksi/ha/hari). *Multiplecropping* disebut juga panen berganda atau tumpanggilir (Departemen Pertanian, 1980).
- Tumpangsari (*intercropping*): menanam dua jenis tanaman atau secara serentak pada lahan yang sama setiap tahun. Intensifikasi tanaman dilakukan baik dalam waktu maupun ruang (tempat). Di sini terjadi persaingan antara jenis tanaman selama seluruh atau sebagian dari masa pertumbuhan tanaman. Dalam waktu persamaan petani mengelola lebih dari satu jenis tanaman pada lahan yang sama.
- Tumpangsari campuran (*Mixed intercropping*): menanam dua jenis tanaman atau lebih secara serentak tanpa susunan baris yang teratur.
- Tumpangsari baris (*rowintercropping*): menanam dua jenis tanaman atau lebih dalam barisan yang teratur.
- Tumpangsari bersisipan (*relayintercropping*): menanam dua jenis tanaman atau lebih dalam fase pertumbuhan yang berbeda. Tanaman yang kedua ditanam setelah yang pertama mencapai fase generatifnya (reproduktifnya) pada suatu waktu, pada lahan yang sama misalnya 3 minggu sebelum jagung dipanen, sudah ditanam kacang hijau.
- Tanaman sela (*interplanting*): atau tumpangsari dua jenis

tanaman atau lebih beda umur seperti tanaman semusim (padi gogo, palawija, tanaman temu-temuan) yang ditanam di bawah tanaman tahunan (kelapa, karet) pada waktu tanaman kelapa masih belum berbuah atau sudah tua, pada tanaman karet belum produktif untuk memanfaatkan ruang tumbuh yang masih terbuka, cahaya matahari masih bisa masuk di antara dua barisan tanaman.

- Penanaman tunggal (*sole cropping*): menanam satu varietas tanaman saja dalam tegakan murni dengan kepadatan tanaman yang normal seperti menanam padi varietas Ciherang, berikutnya juga menanam varietas Ciherang.
- Monokultur (*monoculture*): menanam jenis tanaman yang sama secara berulang pada lahan yang sama. Menanam padi varietas IR-64, digilir dengan varietas Inpari 3, kemudian varietas Bengawan.
- Rotasi tanaman (*crop rotation*): suatu pengaliran tanaman, dalam pengaliran tanaman terdapat lebih dari satu jenis tanaman.
- Pola tanam (*cropping pattern*): suatu susunan atau urutan tanaman pada sebidang lahan selama periode satu tahun, termasuk pengolahan tanah dan bera (*fallow*) di dalamnya.
- Sistem tanam (*croppingsystem*): suatu usaha penanaman pada sebidang lahan menurut pola tanam yang sesuai dengan kemampuan, kemampuan dan tujuan petani penanam.
- Dalam tulisan di jurnal penelitian sering tidak dibedakan antara tumpang sari dengan sistem tumpang sari dan tanam ganda dengan sistem tanam ganda.

9.2 Tanam Ganda Di China

Informasi singkat *multiplecropping* di China telah dilaporkan oleh Tim Survei FAO yang meninjau ke China pada bulan Juni – Juli 1979 (Anonymous, 1980). Pemerintah China menggerakkan petani, kader-kader partai, dan ilmuwan untuk menggali, menguji, mengembangkan *multiple cropping* konvensional menjadi *integrated farming system* (sistem usahatani terpadu) dengan mengkombinasikan tanaman biji-

bijian, tahunan, sayuran, peternakan dan perikanan. Dampak dari intensifikasi *multiple cropping* yaitu bila pada permulaan abad 19, indeks *multiple cropping* mencapai 107–139% di China Utara dan 152–176% di China Selatan maka sekarang sudah mencapai 250–350%. Intensifikasi *multiple cropping* tersebut didorong oleh faktor-faktor:

- (1) penambahan penduduk yang pesat, tahun 1949 sebesar 500 juta, tahun 1979 sudah 970 juta, dan tahun 2014 mendekati 2000 juta;
- (2) keterbatasan lahan; dan
- (3) kondisi agroklimat yang disebagian daerah menguntungkan dan di daerah lainnya merugikan karena sering terjadi banjir setiap tahun.

Keuntungan dari *multiple cropping* yaitu:

- (1) penggunaan air yang efisien;
- (2) perbaikan tanah;
- (3) mobilisasi tenaga kerja;
- (4) pengembangan varietas tanaman yang sesuai;
- (5) penggunaan alat-alat pertanian (mekanisasi); dan
- (6) sistem penelitian dan riset, ekstensi dan pelatihan yang terintegrasi. *Multiple cropping* yang dikembangkan yaitu berbasis padi, *wheat*, tanaman tahunan dan sayuran.

Berbagai gambar pada panen ganda seperti Gambar 9.2a – 9.2.



Gambar 9.2a Tumpangsari kapas dan kacang hijau



Gambar 9.2b Tumpangsari jagung dan kacang hijau



Gambar 9.2c Tumpangsari jagung dan kenaf



Gambar 9.2d Tumpangsari jarak kepyar dan wijen bercabang



Gambar 9.2e

Gambar 9.2e Tumpangsisi jagung dengan kacang panjang dan lombok, sedangkan kacang panjang dan lombok merupakan tumpangsari. Batang jagung digunakan untuk tiang rambat kacang panjang, di desa Jemekan, Kras, Kediri

Gambar 9.2f Tumpangsari jagung dan padi gogo



Gambar 9.2f



Gambar 9.2g Tumpangsisi jagung dan lombok



Gambar 9.2h Tumpangsisi jagung dan kenaf

9.3 Keuntungan Tanam Ganda

- Pengerjaan tanah dan pemeliharaan untuk setiap jenis tanaman lebih hemat.
- Menjaga agar tanah tetap gembur, sebab seringnya pengolahan tanah.
- Akar tanaman sepanjang tahun selalu mengisi lapisan tanah bawah.
- Menjaga kelembaban tanah, sebab tanah selalu terlindung dari cahaya matahari yang terik, sehingga penguapan air tanah berkurang.
- Mengawetkan dan menjaga kesuburan tanah, karena penanaman sepanjang tahun secara beruntun, apalagi bila ditanami pupuk hijau.
- Menambah keseringan (frekuensi) panen per tahun, karena jenis tanaman yang ditanam berbeda-beda saat panen sehingga meningkatkan IP (Indeks Panen).
- Meningkatkan pendapatan petani.
- Memutus siklus hama tertentu.

9.4 Keuntungan Tanam Tumpangsari

- Mengurangi resiko kegagalan panen yang disebabkan oleh hama/penyakit dan anomali iklim.
- Meningkatkan pendapatan petani.
- Meningkatkan penyerapan tenaga kerja.
- Tanam tumpangsari kapas/kacang hijau dapat menekan hama kapas karena banyak musuh alami kapas hidup pada kacang hijau.
- Tanam tumpangsari jagung/kapas juga ideal, karena hama penggerek buah kapas yaitu *Helicoverpa sp.* meletakkan telurnya pada rambut buah jagung sehingga tanaman jagung sebagai perangkap hama *Helicoverpa sp.*

9.5 Prinsip Tanam Tumpang Sari

- Diusahakan agar tidak terlalu bersaing dalam kebutuhan tanaman akan cahaya matahari, CO_2 dan H_2O serta penyerapan hara tanaman. Pada gambar ditunjukkan tanam tumpang sari jagung/kenaf (*hibiscuscannabinus*). Jagung yang ditanam varietas Pioneer 5 yang habis daunnya agak tegak (*erek*), sehingga diantara barisan jagung masih ada cahaya matahari yang masuk ke kenaf. Sistem perakaran kenaf adalah akar tunggang sedangkan jagung serabut, sehingga meminimalkan persaingan unsur hara (Gambar 9.3).



Gambar 9.3 Jagung berakar serabut dan kenaf berakar tunggang

- Tanaman yang satu tinggi dan lainnya pendek seperti tumpang sari jagung/kedelai, jagung/kacang tanah, jagung/kacang hijau, tanaman jagung tipe C4 butuh radiasi penuh sedangkan kacang hijau, kacang tanah, kedelai, wijen termasuk tipe C3 yang membutuhkan radiasi lebih rendah. Pada lampiran 3 disajikan beberapa tanaman C3 dan C4.

- Tumpangsari jarak kepyar (*Ricinus communis*) dengan wijen (*Sesamum indicum*) juga merupakan sistem yang ideal, perakaran jarak lebih dalam daripada wijen, sehingga persaingan penyerapan hara minimal. Tanaman jarak untuk sistem tumpangsari dipilih yang berumur tengah (tidak genjah). Saat wijen menjelang panen pada umur 80 hari tanaman jarak baru mulai rimbun.

9.6 Parameter Sistem Tanam Tumpangsari

Parameter untuk mengukur efisiensi sistem tanam tumpangsari cukup banyak, tetapi yang umumnya digunakan hanya empat sampai lima saja yaitu:

- 1) Rasio Kesetaraan lahan (RKL) atau *Land Equivalent Ratio* (LER),
- 2) Rasio Kesetaraan Area x Waktu (RKA.W) atau *Area Time Equivalency Ratio* (ATER)
- 3) Ratio Penampilan Tanaman (RPT) atau *Crop Performance Ratio* (CPR),
- 4) Rasio Penampilan Tanaman Terkoreksi (RPTT) atau *Time Correted Crop Performance Ratio* (CPRT) dan
- 5) Analisis Usahatani.

9.6.1 Rasio Kesetaraan Lahan

Pada Tabel 9.1. disajikan hasil percobaan tumpangsari Jagung Pioner 5 dengan kedelai varietas Wilis yang diselenggarakan di Desa Ngandat, Batu, Malang dalam MT 2008

Pada jarak tanam jagung 80 cm x 20 cm, terdapat 62.500 lubang atau 62.500 tanaman / ha. Pada sistem tumpangsari jarak antar baris di perlebar menjadi 120 cm x 20 cm, agar di antara dua baris jagung dapat ditanami kedelai dengan jarak 40 cm x 20 cm atau dua baris kedelai. Populasi jagung tumpangsari menjadi 41.666 tanaman / ha, sehingga proporsi populasi menjadi $41.666 / 62.500 = 0,67$. Kedelai tunggal mempunyai 125.000 lubang atau 250.000 tanaman / ha sedangkan dalam tumpangsari terdapat 83333 lubang atau 166.666 tanaman / ha, sehingga proporsi populasi = $166.666 / 250.000 = 0,66$.

Tabel 9.1 Hasil jagung dan kedelai tumpangsari

Sistem tanam	Jagung Pioneer 5 (ton/ha)	Kedelai var Wilis(ton/ha)
Tunggal	6,35 (Qsa)	1,86 (Qsb)
Tumpangsari	4,45 (Qia)	1,25(Qib)
Umur (hari)	95 (ta)	85 (tb)
Proporsi populasi	0,67	0,66

Keterangan: Jarak tanam jagung tunggal 80 cm x 20 cm, tumpang dari 120 cm x 20 cm, satu tanaman / lubang. Kedelai 40 cm x 20 cm dengan dua tanaman/lubang.

Sumber: Sastrosupadi (2008)

Hasil jagung tumpangsari 4,45 ton / ha dan ini setara dengan luasan $4,45 / 6,35 = 0,70$ ha. Sisa lahan seluas 0,30 ha ini ditanami kedelai. Hasil kedelai tumpangsari 1,25 ton /ha, padahal hasil kedelai tunggal 1,86 ton / ha, sehingga hasil tumpangsari kedelai setara dengan luasan $1,25 / 1,86 = 0,67$ ha. Dengan demikian secara aktual luas lahan 0,30 ha seolah-olah menjadi 0,67 ha, sehingga terdapat kelebihan $0,67 \text{ ha} - 0,30 \text{ ha} = 0,37 \text{ ha}$, sehingga dapat dinyatakan luas lahan 1 ha bila di tanami dengan sistem tumpangsari dapat menjadi atau setara dengan 1,37 ha. Dengan sistem tumpangsari dapat meningkatkan efisiensi lahan seluas 0,37 ha atau 37% dibandingkan dengan menanam secara tunggal (*Sole Crop*).

Rumus umum Ratio Kesetaraan Lahan adalah:

$$\text{RKL atau LER} = \sum_{i=1}^n \frac{Y_{ij}}{Y_{ii}}$$

Y_{ij} : hasil tanaman komponen ke i dalam tumpangsari

Y_{ii} : hasil tanaman monokultur (monoculture) atau tunggal (*Sole Crop*) komponen tanaman ke i ; $i = 1,2,3,\dots, n$ jenis tanaman pada tumpangsari.

$$\begin{aligned}
 RKL = LER &= \frac{4,45}{6,35} + \frac{1,25}{1,86} \\
 &= 0,70 + 0,67 \\
 &= 1,37
 \end{aligned}$$

Bila $RKL = LER$ mempunyai nilai > 1 maka sistem tumpangsari dinyatakan lebih efisien dibandingkan dengan tanaman tunggalnya, bila ≤ 1 maka tidak efisien.

9.6.2 Rasio Kesetaraan (Area x Waktu)

Salah satu kelemahan RKL atau LER yaitu tidak memperhitungkan perbedaan umur tanaman penyusun tanaman tumpangsari, sehingga setelah tanaman yang berumur lebih pendek dipanen, maka terjadi kekosongan penutupan lahan. Pada Tabel 9.2 terlihat umur kedelai 85 hari dan jagung 95 hari sehingga setelah kedelai ditanam terjadi kekosongan atau di antara barisan tanaman jagung tidak tertutup tanaman. Sehubungan dengan keadaan ini Hiebsch dan McCollum (*dalam* Asam-Ali dan Squire, 2002) mengajukan konsep “Rasio Kesetaraan Area x waktu” atau RK (A.W) atau “Area Time-Equivalency Ratio” (ATER) yang mendefinisikan bahwa hasil merupakan sebuah fungsi dari area lahan (a) dan waktu (t). Agar ATER dapat dijelaskan secara matematis diperlukan pengertian tentang periode penutupan lahan yang ditempati oleh tanaman tumpangsari seperti halnya tanaman tunggal (sole crop) sebagai komponen tumpangsari. Untuk itu perlu definisi baru yang menyatakan bahwa Y adalah suatu kuantitas hasil sebesar q per unit waktu atau $Y = q / at$. Karena itu rasio kesetaraan area waktu dirumuskan menjadi:

$$ATER = RK (A.W) = \sum_{c=1}^n y_c^t / y_c^m$$

Keterangan: i = intercrop = tumpangsari
 c = crop = spesies tanaman
 m = monokultur

Produktivitas tanaman species dalam tumpangsari dinyatakan dalam istilah area dan waktu dimana $Y_c^i = q_c^i/at^i, t^i$ adalah lamanya periode tumpangsari. Demikian juga produktivitas species c sebagai tanaman tunggal merupakan fungsi area dan waktu, yaitu $Y_c^m = q_c^m/at_c^m$, di mana t_2^m adalah lamanya penutupan tanaman tunggal. Rumus ATER setelah dikembangkan dan disusun kembali menjadi

$$ATER = RK (A.W) = \sum_{c=1}^n (q_c^i/at^i) / (q_c^m/at_c^m) \quad (9.1)$$

$$ATER = RK (A.W) = \sum_{c=1}^n \frac{(at_c^m)(q_c^i/q_c^m)}{at} \quad (9.2)$$

Y_c^i = hasil tanaman c dalam sistem tumpangsari

Y_c^m = hasil tanaman c sebagai tanaman monokultur

Berdasarkan rumus 9.2 dengan data pada Tabel 9.1:

$$\begin{aligned}
 ATER = RK (A.W) &= \frac{(0,70 \times 95) \frac{4,45}{6,35}}{0,75 \times 95} + \frac{(0,67 \times 85) \frac{1,25}{1,86}}{0,67 \times 95} \quad (9.3) \\
 &= 0,70 + 0,60 = 1,30
 \end{aligned}$$

Untuk setiap tanaman c, $(at_c^m)/(q_c^m)$ adalah area x waktu dalam satuan hektar.hari (ha.hari) yang diperlukan oleh tanaman tunggal untuk menghasilkan kuantitas tanaman c dalam tumpangsari. Bila kuantitas ini dihitung untuk semua species tanaman, maka ATER adalah rasio x waktu yang dibutuhkan oleh tanaman monokultur ke area x waktu oleh tanaman dalam sistem tumpangsari bagi semua komponen tanaman tumpangsari, sehingga rumusnya menjadi

$$ATER = \sum_{c=1}^n at_c^m/at^i = \sum at^m/at^i$$

Rumus 9.3 ini mempunyai analogi dengan rumus LER = NKL sehingga:

$$ATER = \left(\frac{Y_1^i}{Y_1^m} t_1^m + \frac{Y_2^i}{Y_2^m} t_2^m + \dots + \frac{Y_n^i}{Y_n^m} t_n^m \right) / t^i$$

Y_1^i = hasil tanaman 1 tumpangsari

Y_1^m = hasil tanaman 1 monokultur

t_1^m = umur tanaman 1 monokultur

t^i = periode lamanya tumpangsari

Bila umur tanaman dimasukkan ke rumus ATER maka spesies tanaman c yang ditanam secara tumpangsari akan memanfaatkan lahan sama efisiennya dengan yang ditanam secara monokultur.

Menghitung RKA.W dari Tabel 9.1

A. Hasil Aktual

- Tumpangsari

$Y_c^i = 4,45 \text{ t}$	} 1 ha
$Y_b^i = 1,25 \text{ t}$	

B. Hasil Relatif Tumpangsari

- Setara Monokultur

$Y_c^i / Y_c^m = 4,45 / 6,35 = 0,70 \text{ ha}$	} 1,37 ha
$Y_b^i / Y_b^m = 1,25 / 1,86 = 0,67 \text{ ha}$	

i = intercropping; c = corn

m = monokultur. b = bean

- Monokultur

$Y_c^m = 6,35 \text{ t}$	} 1 ha
$t_c = 95 \text{ hari}$		

- Setara Monokultur

0,70 ha, $t_c = 95 \text{ hari} \rightarrow 66,50 \text{ ha.hari}$

$Y_b^m = 1,86 \text{ t}$	} 1 ha
$t_b = 85 \text{ hari}$		

0,67 ha, $t_b = 85 \text{ hari} \rightarrow 56,95 \text{ ha.hari}$

$\Sigma = 1,31 \text{ ha} \rightarrow 123,45 \text{ ha.hari}$

- Area x waktu

$$RKA.W = \frac{123,45 \text{ ha.hari}}{95 \text{ ha.hari}} = 1,30$$

1 ha. 95 hari

(umur tumpangsari 95 hari)

Dari perhitungan tersebut terlihat 1 ha tanaman tumpangsari setara dengan 0,70 ha + 0,67 ha = 1,37 ha, sehingga nilai penutupan area tanaman monokultur 1 ha dengan lamanya periode tumpangsari adalah 1 ha. 95 hari dan dengan tumpangsari menjadi 1,37 ha dengan lamanya penutupan 123,45 ha.hari. Dengan demikian nilai 95 ha.hari setara dengan 123,45 ha.hari, sehingga:

$$RKA.W = \frac{123,45 \text{ ha.hari}}{95 \text{ ha.hari}} = 1,30$$

Seperti halnya parameter RKL = LER, maka karena $RKA.W > 1$, tumpangsari lebih efisiensi dibandingkan monokultur. Efisiensi penutupan dari nilai 100% menjadi 130% atau meningkat sebesar 30%. Bila $RKA.W \leq 100\%$, tumpangsari tidak efisien.

9.6.3 Rasio Penampilan Tanaman (RPT)

Selain RKL = LER, $RKA.W = ATER$, masih cukup banyak parameter untuk menilai efisiensi sistem tumpangsari, antara lain Ratio Penampilan Tanaman (RPT) atau CPR (*Crop Performance Ratio*). RPT ini lebih ditujukan untuk mengukur efisiensi biologis relatif yang dirupakan dalam hasil biomasa atau hasil ekonomi karena besar kecilnya hasil merupakan pencerminan dari penangkapan radiasi matahari seperti pada proses fotosintesis selama periode tumpangsari oleh masing-masing komponen tanaman tumpangsari. Untuk menghitung RPT atau CPR perlu diperhatikan hal-hal berikut:

- Hitunglah produktivitas tanaman tumpangsari dan monokultur, dapat berupa biomasa, hasil tanaman dan bentuk energi.
- Umur masing-masing komponen tanaman perlu diperhitungkan

karena setiap tanaman mempunyai umur yang berbeda dengan asumsi umur tanaman tunggal maupun tumpangsari sama, tidak mengalami perubahan meskipun penampilan tanaman tumpangsari berbeda dengan monokulturnya. Umur tanaman yang satu (ta) berbeda dengan yang lainnya (tb), dengan ketentuan $ta > tb$

- Perbedaan umur tanaman akan mempengaruhi laju atau rate pembentukan produktivitas tanaman.
- Perlu dicari atau ditentukan proporsi populasi tanaman tumpangsari terhadap monokulturnya.

Rasio Penampilan Tanaman atau *CropPerformace Ratio* (CPR) yang dilambangkan sebagai RPT atau CPR adalah:

$$RPTa = \frac{Qia}{PiaQsa} \text{ dan } RPTb = \frac{Qib}{PibQsb}$$

Qia dan Qib adalah produktivitas atau hasil tanaman tumpangsari
Qsa dan Qsb adalah produktivitas atau hasil tanaman tanaman monokultur

Pia dan Pib adalah proporsi populasi tanaman tumpangsari terhadap populasi monokultur.

RPTab = Rasio Penampilan Tanaman a dan b dalam sistem tumpangsari menjadi:

$$RPTab = \frac{Qia + Qib}{Pia.Qsa + Pib.Qsb}$$

Bila $RPTab > 1$, maka sistem tumpangsari lebih efisien atau menguntungkan. RPT ini dapat dikembangkan untuk menelaah tentang penangkapan (intersepsi) radiasi matahari, transpirasi, serapan hara dan lain sebagainya.

Mengingat adanya perbedaan umur tanaman penyusun tumpangsari maka laju atau rate pembentukan produktivitas tanaman juga berbeda. Sehubungan dengan hal ini maka RPTab tersebut perlu

dikoreksi dengan umur tanaman, sehingga RPTab menjadi RPTTab (Rasio Penampilan Tanaman Terkoreksi) dan perlu dihitung laju produktivitas per hari dengan rumus:

$$Rsa = \frac{Qsa}{ta}; Rsb = \frac{Qsb}{tb}$$

Rsa dan Rsb adalah laju pembentukan hasil/ hari untuk tanaman a dan tanam b sebagai monokultur ta umur tanaman a, dan tb umur tanaman b, ta > tb

$$Ria = \frac{Qia}{ta}; Rib = \frac{Qib}{tb}$$

Ria dan Rib adalah laju pembentukan hasil/hari untuk tanaman a dan tanaman b pada sistem tumpangsari. Rib dibagi dengan ta karena umur tumpangsari ditentukan oleh ta. Rumus-rumus di atas untuk mencari RPTab yang dikoreksi oleh umur tumpangsari menjadi RPTTab. Untuk tanaman a maka:

$$RPTTa = \frac{Ria}{PiaRsa}$$

(RPT jagung)

$$RPTa = \frac{Qia/ta}{Pia \cdot (Qsa/ta)} = \frac{Qia}{PiaQsa} \text{ dan ini adalah RPTa}$$

Untuk tanaman b:

$$RPTTb = \frac{Rib}{PibRsb} = \frac{Qib/tb}{Pib(Qsb/tb)} = \frac{Qib}{PibQsb} (tb/ta)$$

(RPT kedelai)

Untuk tumpangsari tanaman a dan b:

$$RPT_{ab} = \frac{R_{ia} + R_{ib}}{P_{ia}R_{sa} + P_{ib}R_{sb}}$$

$RPT_{ab} = RPTT_{ab}$ tumpangsari jagung dengan kedelai

$$\begin{aligned} RPTT_{ab} &= \frac{(Q_{ia} + Q_{ib}) / t_a}{P_{ia} \frac{Q_{sa}}{t_a} + P_{ib} \frac{Q_{sb}}{t_b}} \\ &= \frac{(Q_{ia} + Q_{ib}) / t_a}{\left(\frac{P_{ia}Q_{sa}}{t_a}\right) + \left(\frac{P_{ib}Q_{sb}}{t_b}\right)} = \frac{(Q_{ia} + Q_{ib}) / t_a}{(P_{ia}Q_{sa}t_b + P_{ib}Q_{sb}t_a)t_a t_b} \\ &= \frac{(Q_{ia} + Q_{ib}) / t_a}{(P_{ia}Q_{sa}t_b + P_{ib}Q_{sb}t_a)} \\ RPTT_{ab} &= \frac{(Q_{ia} + Q_{ib}) / t_a}{P_{ia} Q_{sa} t_b + P_{ib} Q_{sb} t_a} \quad , t_a > t_b \end{aligned}$$

$RPTT_{ab}$ adalah rasio penampilan tanaman yang telah dikoreksi oleh waktu lamanya periode tumpangsari dan t_a adalah penentu nilai $RPTT_{ab}$. Kelebihan $RPTT_{ab}$ ini yaitu sudah memperhitungkan laju produktivitas tanaman.

Dari Tabel 9.1 maka:

$$\begin{aligned} RPT_{ab} &= \frac{Q_{ia} + Q_{ib}}{P_{ia}Q_{sa} + P_{ib}Q_{sb}} \\ &= \frac{4,45 + 1,25}{0,67 (6,35) + 0,66 (1,86)} = \frac{5,70}{5,4821} = 1,04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} RPTT_{ab} &= \frac{(Q_{ia} + Q_{ib}) t_b}{P_{ia}Q_{sa} t_b + P_{ib}Q_{sb} t_a} \\ &= \frac{(4,48 + 1,25)85}{0,67(6,35)85 + 0,66(1,86)95} = \frac{4845}{4782545} = 1,01 \end{aligned}$$

Dari nilai RPTab dan RPTTab > 1, maka sistem tumpangsari tersebut efisien atau menguntungkan. Untuk memperoleh nilai RPTab atau RPTTab yang lebih besar dari satu, maka perbedaan umur komponen tanaman tumpangsari jangan terlalu besar.

9.7 Usaha Tani Sistem Tanam Tumpangsari

Meskipun secara fisik atau secara biologis menguntungkan, maka masih perlu dianalisis tentang keuntungan (profit) karena tujuan akhir dari sistem tumpangsari adalah mencari keuntungan, meskipun secara biologis memang menguntungkan, tetapi secara ekonomi belum tentu menguntungkan karena keuntungan ditentukan oleh harga komoditas yang dipilih. Harga jagung Rp.1500/kg, sedangkan kedelai Rp 5500/kg. (lihat Tabel 9.1)

Penerimaan	:	4450 kg x Rp.1500 +	
secara tumpangsari		1250kg x Rp.5500	= Rp 13.550.000
jagung tunggal	:	6350 kg x Rp.1500	= Rp 9.525.000
kedelai tunggal	:	1860 kg x Rp.5500	= Rp 10.230.000

Ternyata penerimaan secara tumpangsari lebih besar dibandingkan penerimaan secara monokultur. Keuntungan dari kedua sistem tersebut dapat dicari setelah diketahui biaya produksinya (lihat tabel 9.2 dan 9.3)

9.8 Parameter Sistem Tanam Ganda

Seperti halnya pada parameter tanam tumpangsari, maka pada tanam ganda juga terdapat banyak parameter kuantitatifnya, namun hanya beberapa saja yang penting, diantaranya:

a. Indeks Penanaman Ganda

Indeks Penanaman Ganda (IPG) atau *Multiple Cropping Index* yang sering disebut sebagai IP = Indeks Penanaman diukur dengan menunjukkan area (luasan) lahan yang ditempati oleh tanaman dan

panen yang berbeda dalam waktu satu tahun dibagi total area dikalikan 100 (Dalrymple dalam Palaniappan 1988)

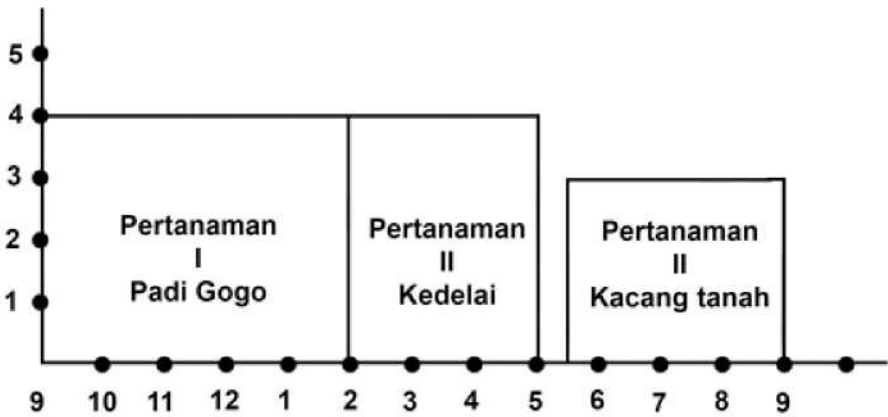
$$IPG = \frac{\sum_{i=1}^m a_i}{A} \times 100$$

n = total banyaknya tanaman

a_i = area yang ditempati oleh tanaman ke-1 yang ditanam dan dipanen dalam waktu setahun

A = total area yang ditanami

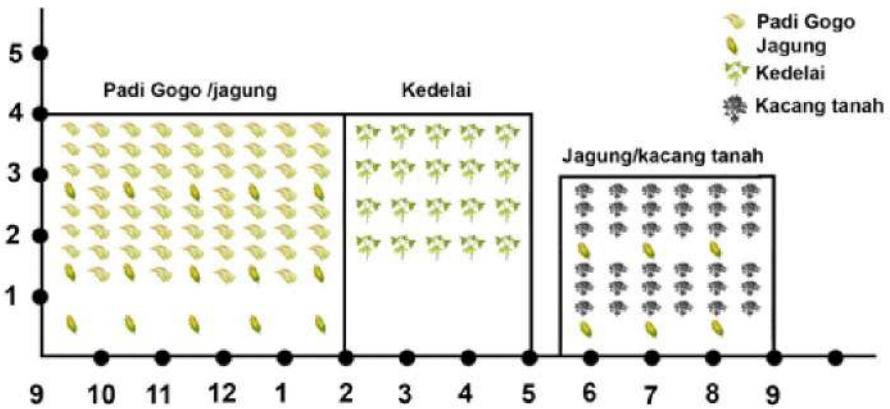
Sebagai ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 9.4:



Gambar 9.4 Luas pertanaman pada usaha tani

$$IPG = \frac{4ha + 4ha + 3ha}{4ha} \times 100 = 27$$

Dengan demikian IPG atau IP menunjukkan berapa kali penanam selama setahun pada sebidang lahan yang sama. Semakin besar nilai IPG berarti selama periode 1 tahun lahan semakin tertutup oleh tanaman. Bila sistem tanamnya ada yang tumpang sari maka luasan tanaman diperhitungkan dengan populasi tanaman sebagai berikut (Gambar 9.5):



Gambar 9.5 Luas pertanaman pada usaha tani

- **Tumpangsari jagung/padi gogo**

Bila populasi jagung tunggal 60.000 tanaman/ha, sedangkan pada tumpangsari hanya 20.000 tanaman/ha, maka luas jagung dalam 4 ha adalah : $(20.000:60.000) \times 4\text{ha} = 1,33 \text{ ha}$. Populasi pada padi gogo pada contoh ini tidak berubah, maka luas tanaman padi tunggal sama dengan luas padi tumpangsari jagung/padi gogo yaitu 4 ha.

- **Tumpangsari jagung/kacang tanah**

Populasi kacang tanah untuk tanaman tunggal dan tumpangsari sama, sedangkan populasi jagung untuk tumpangsari 10.000 tanaman/ha, sehingga luas jagung = $(10.000:60.000) \times 3\text{ha} = 0,5 \text{ ha}$.

Atas dasar data tersebut diatas, maka dalam pola tanam ganda ini luas masing-masing tanaman yaitu: padi 4 ha, jagung $1,33 + 0,5 = 1,83 \text{ ha}$, kedelai 4 ha dan kacang tanah 3 ha.

$$IPG = \frac{4 + 1,83 + 4 + 3}{4} \times 100 = 327,5$$

Ternyata IPG meningkat dari 275 menjadi 327,5

b. Indeks Penggunaan Lahan Tertanami (IPLT)

Indeks penggunaan lahan tertanami atau cultivated and utilization indeks (CLUI) dihitung dengan menjumlahkan perkalian luas lahan untuk setiap tanaman dengan umur tanaman di bagi dengan total area tertanam dikalikan 365 hari. Dengan demikian pada IPLT sudah diperhitungkan umur masing-masing tanaman (Chuang, dalam Palamiapan, 1988, Nuriyadi, 1978).

$$IPLT = CLUI = \left(\sum_{i=1}^n a_i d_i \right) / A \times 365$$

n = total banyaknya tanaman

ai = area yang ditempati tanaman ke-i

di = hari yang ditempati oleh tanaman ke-i

a = total area yang ditanami selama 365 hari

Dari Gambar 9.5 di peroleh nilai:

$$IPLT = \frac{(4 \times 150) + (4 \times 90) + (3 \times 105)}{4 \times 365} = 0,87$$

Bila sistem tanamnya ada yang tumpangsari seperti Gambar 9.5 maka nilai IPLT menjadi:

$$IPLT = \frac{4 \times 150 + 1,83 \times 90 + 4 \times 85 + 3 \times 95}{4 \times 365} = 0,95$$

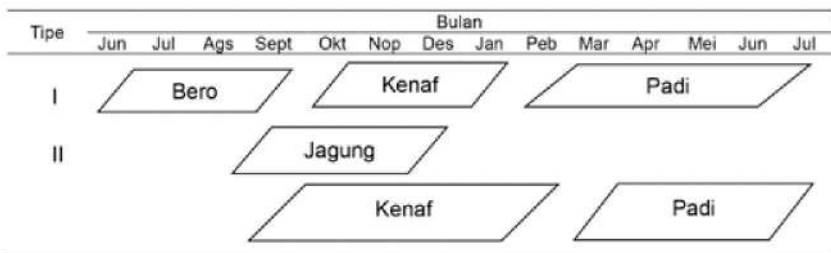
Ternyata bila ada sistem tumpangsari IPLT meningkat dari 0,87 menjadi 0,95, karena dengan sistem tumpangsari lahan lebih tertutup bila dibandingkan ditanam secara tunggal. Bila pada IPG tidak diperhitungkan umur tanaman, maka pada IPLT sudah diperhitungkan umur tanaman dan lamanya pola tanam selama satu tahun atau 365 hari. Bila IPLT mempunyai nilai sama dengan satu, maka penggunaan lahan sudah sangat intensif.

Dalam rangka memenuhi terwujudnya program ketahanan pangan dan peningkatan pendapatan petani maka bila fasilitas mendukung memang perlu peningkatan IPG dan IPLT. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Timur, Malang sudah mulai merintis IPG 400 artinya dalam setahun dilaksanakan 4 kali penanaman terutama dengan menggunakan varietas-varietas padi unggul yang berumur genjah seperti varietas padi Inpari, Ciherang, Cibogo, Cigeules, Mekongga, dan Way Apo Buru.

9.9 Hasil Penelitian

- a. Hasil penelitian penanaman (tanam) tumpangsari atau tumpangsip jagung dengan tanaman kenaf (*Hibiscus cannabirus*)

Penelitian ini merupakan survey di daerah Bonorowo (lahan yang tergenang pada waktu musim hujan) di Kecamatan Sukomoro, Kabupaten Nganjuk pada musim tanam (MT) 1986/1987. Pengamatan dilakukan terhadap 30 petani penanam keraf tunggal dan 30 petani penanam kenaf tumpangsari atau tumpangsip dengan jagung, luas lahan petani kenaf tunggal maupun tumpangsari/tumpangsip 0,25 – 0,30 ha. Pada tanaman tumpangsari kenaf ditanam setelah jagung berumur 3 minggu, sedangkan yang tumpangsip, keraf ditanam diantara barisan jagung menjelang jagung akan dipanen, umumnya juga memang sebelum jagung dipanen. Pada Gambar 9.6 disajikan pola tanam di daerah penelitian.



Gambar 9.6 Pola tanam dan sistem pergiliran tanaman pada lahan Bonorowo di Desa Nglundo, 1986/1987

Sumber: Kantor Desa Ngundo (1987)

Di lahan Bonoworo banjir terjadi pada bulan Desember/Januari dan kenaf di tanam pada bulan September/Oktobre karena tanaman kenaf tahan genangan setelah umur 3 bulan. Pihak PTP XVII sebagai pengelola tanaman kenaf menyediakan pompa, sehingga memungkinkan tumpangsari atau tumpangsisip untuk mengairi kenaf dan jagung.

Pada Tabel 9.2 disajikan analisis biaya dan tenaga kerja sistem penanaman tunggal maupun tumpangsari/tumpangsisip.

Tabel 9.2 Jumlah dan biaya tenaga kerja tiap hektar pada usahatani kenaf

Macam kegiatan	Sistem tanam kenaf tunggal		Sistem tanam jagung/kenaf	
	Jumlah fisik HOK (MD) ¹⁾	Biaya Rp	Jumlah fisik POK (MD)	Biaya Rp
Pengelolaan tanah dan tanam	104	135.200	129	167.700
Pemeliharaan tanaman	28	36.400	39	50.700
Panen dan prosesing	131	170.300	163	211.900
Jumlah tenaga kerja	263	341.900	331	430.300

¹⁾ HOK = hari orang kerja (MD = man days)

Sumber: Tirtosuprobo dan Isdijoso (1987)

Dari Tabel tersebut terlihat bahwa:
Peningkatan penyerapan tenaga kerja:

$$\frac{331 - 263}{263} \times 100\% = 26\%$$

Pada Tabel 9.3 disajikan analisis biaya, hasil dan pendapatan usahatani kenaf tumpangsari/tumpangsisip dengan jagung.

Tabel 9.3 Jumlah biaya, hasil dan pendapatan usahatani kenaf tiap hektar

Uraian		Sistem tanam kenaf tunggal	Sistem tanam jagung/kenaf
Hasil :	- Serat (kg)	2.242,4	2.086,7
	- Jagung	–	2.304,2
Penerimaan :	- Serat (Rp)	800.724	741.450
	- Jagung	–	310.606
Biaya usahatani	(Rp)		
- Sarana produksi	(Rp)	71.060	93.329
- Tenaga kerja	(Rp)	341.900	430.300
- Jumlah biaya	(Rp)	412.960	523.629
Pendapatan usahatani	(Rp)	387.764	528.427
R/C		1,94	2,01
B/C		0,94	1,01

Dari Tabel 9.3 diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Tambahan biaya Rp. 523.629 – Rp. 412.960 = Rp. 110.669 (A)
 - Tambahan pendapatan Rp. 528.427 – Rp. 387.764 = Rp. 140.663 (B)
 - $B/A = 140.663/110669 = 1,27$ atau 127% yang berarti dengan sistem tanam jagung tumpangsari/tumpangsisip lebih menguntungkan dan efisien dibandingkan dengan sistem tanam kenaf tunggal
 - R/C baik untuk kenaf tunggal maupun tumpangsari/tumpangsisip mempunyai nilai >1, sehingga usahatani tersebut layak untuk diusahakan
- b. Hasil percobaan tumpangsari jagung/kenaf di lahan alluvial di Desa Kedunggabus, Kecamatan Kedungmulyo, Jombang yang ditanam pada bulan Oktober 1988 disajikan pada Tabel 9.4.

Tabel 9.4 Hasil, penerimaan usahatani dan NKL sistem tanam tumpangsari jagung/kenaf

Sistem Tanam	Biji jagung (t/ha)	Serat kenaf (t/ha)	Penerimaan (X 1000 Rp)	NKL
Tumpangsari jagung / kenaf				
A	5,58	1,88	7460	1,62
B	5,90	2,64	10652	1,67
C	5,68	2,80	10720	1,64
D	5,73	2,23	9744	1,65
E	5,58	2,63	10314	1,69
<hr/>				
Jagung tunggal (pioneer 7)	5,98		5950	
<hr/>				
Kenaf tunggal				
A (varietas HC 48)		2,76	4968	
B (varietas HC 64)		3,87	6966	
C (galur HC 85/9/66/1)		4,12	7416	
D (galur HC 48 H)		3,28	5904	
E (galur HC 85/9/75)		3,53	6354	

Keterangan : 1kg jagung Rp. 1000 ; 1 kg serat grade A Rp. 1800 ; jarak tanam jagung 80cm x 30cm, kenaf 20cm x 15cm, kenaf ditanam setelah jagung berumur 15 HST (hari setelah tanam)

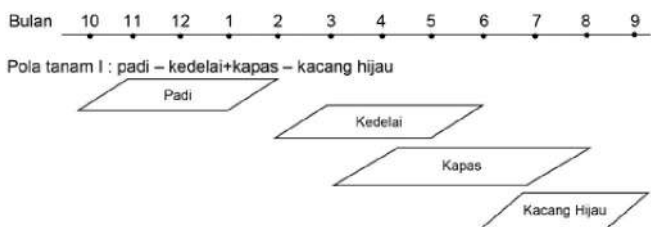
Sumber: Sastrosupadi dan Santoso (2003)

Hasil jagung pada sistem tanam tumpangsari tidak berbeda jauh dengan hasil tunggalnya, karena jarak tanam baik tumpangsari maupun tunggal tidak berbeda sehingga tidak mengurangi jumlah populasi sedangkan penurunan hasil tersebut karena adanya efek persaingan antara jagung dengan kenaf. Penurunan hasil serat kenaf disebabkan oleh pengurangan jumlah populasi. Sistem tanam tumpangsari ternyata lebih menguntungkan karena $NKL > 1$ dan penerimaan usahatani juga lebih besar.

c. Tumpangsari Kapas/Palawija di Kabupaten Brebes

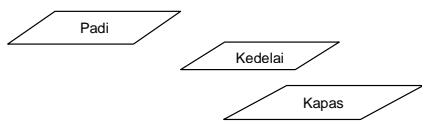
Penelitian dilakukan di daerah pengembangan kapas Kabupaten Brebes, di Desa Bojongsari, Kecamatan Losari dari April sampai dengan Agustus 2001. Pendataan dilakukan terhadap 36 petani

yang dibagi dalam tiga kelompok berdasarkan pola tanam yang diusahakan yaitu: I) padi – kedelai/kapas/kacang hijau (16 petani), II) padi – kedelai/kapas (10 orang petani), dan III) padi – kedelai – kacang hijau (10 orang petani). Pola tanam tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.5. Pola tanam I menunjukkan setelah padi dilakukan sistem tanam tumpang-sari kedelai/kapas dan tumpang-sisip kacang dengan kacang hijau. Pola tanam II, setelah padi dilakukan sistem tanam kedelai dengan kapas. Pola tanam III adalah penggiliran atau rotasi padi, kedelai dan kacang hijau. Tipe lahan di desa Bojongsari tersebut adalah sawah tadah hujan dan awal musim hujan jatuh pada bulan Oktober–Nopember. Hasil pendapatan petani disajikan pada Tabel 9.5. dan pada Gambar 9.7 disajikan polatanam dengan berbagai bentuknya.



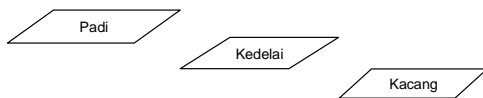
Setelah padi ditanam tumpang-sari kapas dan kedelai, kemudian menjelang panen disisipkan kacang hijau

II = pola tanam padi – kedelai+kapas



Setelah padi, ditanam tumpang-sari kapas dan kedelai

III = pola tanam padi – kedelai – kacang hijau



Setelah padi, ditanam kedelai dan setelah kedelai ditanam kacang hijau

Gambar 9.7 Pola tanam pada lahan sawah tadah hujan yang ada di Desa Bojongsari, musim tanam 2000/2001

Dari ketiga macam pola dan sistem tanam yang dilaksanakan oleh petani di daerah pengembangan kapas Kabupaten Brebes terbukti bahwa pola dan sistem tanam tumpangsari dan tumpangsip padi – kedelai/kapas + kacang hijau memberikan pendapatan tertinggi dibandingkan dengan pola dan sistem tanam lainnya.

Tabel 9.5 Analisa usahatani per ha ketiga pada tanam di Desa Bojong-sari, Kecamatan Losari, Kabupaten Brebes musim tanam 2000/2001

Uraian kegiatan	Pola tanam					
	I		II		III	
	Fisik	Nilai (Rp)	Fisik	Nilai (Rp)	Fisik	Nilai (Rp)
Penerimaan		12.170.692		9.322.775		12.040.930
1. Padi	4.578,50	5.265.272	4.334,98	4.985.227	4.539,00	5.219.850
2. Kapas	1.047,40	2.199.540	1.261,48	2.649.108	–	–
3. Kedelai	853,00	2.217.800	649,10	1.688.440	765,80	1.991.080
4. K. Hijau	592,40	2.488.080	–	–	1.150,00	4.830.000
Biaya produksi	–	8.247.627	–	8.489.752	–	9.291.347
1. Benih		500.652		378.518		445.198
- Padi	41,40	99.360	39,03	93.675	38,88	93.312
- Kapas	19,70	19.700	23,67	23.668	–	–
- Kedelai	81,85	245.057	87,05	261.175	78,56	235.680
- K. hijau	26,37	136.535	–	–	23,96	116.206
- Jagung	–	–	–	–	–	–
2. Pupuk	–	604.026	–	943.716	–	654.656
- Urea	339,80	407.856	453,60	628.352	357,10	428.514
- TSP	120,80	181.350	192,35	288.494	150,70	226.142
- KCI	–	–	12,80	26.870	–	–
- ZA	–	–	–	–	–	–
- Atonic EC	0,285	14.820	–	–	–	–
3. Pestisida	–	1.514.458	–	1.841.504	–	2.897.142
- Insektisida	–	1.282.368	–	1.693.784	–	2.578.182
- Herbisida	–	232.090	–	147.720	–	318.960
4. Tenaga kerja	656,91 HOK	5.628.491	635,27 HOK	5.326.014	607,60 HOK	5.081.140
Pendapatan	–	3.345.650	–	830.721	–	2.749.583
B/C ratio	–	1,48	–	1,10	–	1,33

Sumber: *dkk.* (2004)

Keterangan :

I = pola tanam padi – kedelai + kapas – kacang hijau

II = pola tanam padi – kedelai + kapas

III = pola tanam padi – kedelai – kacang hijau

Harga benih : Kapas berkabu-kabu : Rp. 1.000,00/kg (petani)

Kedelai : Rp. 3.000,00/kg

Padi : Rp. 2.400,00/kg

Jagung : Rp. 15.000,00/kg

Kacang hijau : Rp. 4.200,00/kg

Harga insektisida : Rp. 6.000,00 – Rp. 228,00/kg, liter

Harga pupuk Urea : Rp. 1.200,00/kg

TSP : Rp. 1.600,00/kg

KCI : Rp. 1.950,00/kg

ZA : Rp. 1.150,00/kg

Atonic EC : Rp. 52.000,00/liter

Harga produk Kapas : Rp. 2.100,00/kg

Padi : Rp. 2.100,00/kg

Kedelai : Rp. 2.600,00/kg

Kacang hijau : Rp. 4.200,00/kg

Sumber: Basuki *dkk.* (2004)

- d. Hasil Penelitian Sistem Tanam Sela Kopi Dengan Kelapa Dengan Dua Teknik Pengolahan Tanah (Loka Penelitian Tanaman Sela Perkebunan Pakuwon, 2004)

Penelitian dilaksanakan di Loka Penelitian Tanaman Sela Perkebunan Pakuwon, Sukabumi. Mulai April 1998 sampai dengan Mei 2000. Tanaman kopi yang ditanam yaitu robusta sebagai tanaman sela, jarak tanam 3 x 3 m, sedangkan kelapanya yaitu kuning Nias umur 18 tahun dengan jarak tanam 7 x 7 m segi empat. Ketinggian tempat 450 m dpl, jenis tanah latosol, tipe iklim B1 menurut Oldeman. Hasil penelitian disajikan pada Tabel 9.6, 9.7, 9.8 dan 9.9.

Tabel 9.6 Pengaruh pengolahan tanah terhadap tinggi dan lebar tajuk tanaman kopi umur 4–24 bulan

Umur tanaman kopi (bln)	Tinggi tanaman kopi (cm)		Lebar tajuk tanaman kopi (cm)	
	OT (cm)	TOT (cm)	OT	TOT
4	86,75 a	50,24 a	–	–
6	92,11 a	65,16 b	–	–
8	95,67 a	78,04 b	–	–
10	101,10 a	93,54 b	–	–
12	105,10 a	92,10 a	94,11 a	104,10 b
24	–	–	234,8 a	105,0 b

Keterangan: OT = olah tanah total TOT = tanpa olah tanah
 Angka yang diikuti huruf yang sama pada tiap baris tidak berbeda nyata taraf 5%

Sumber: Lokalit Tanaman Sela Perkebunan Sukabumi

- Perlakuan pengolahan tanah total nyata lebih mempercepat pertumbuhan tinggi tanaman dan lebar tajuk tanaman kopi dibandingkan dengan perlakuan tanpa olah tanah

Tabel 9.7 Produksi kelapa dan kopi pada dua teknik pengolahan tanah

Produksi kopi dan kelapa	Perlakuan	
	Olah tanah total	Tanpa olah tanah
Kelapa (butir)		
Panen pertama	16.524	9.792
Panen kedua	17.136	18.972
Kopi (Kg, biji kering)		
Panen pertama	433.0	139.7
Panen kedua	1.270.0	1.212.0

- Produksi kelapa dan kopi pada perlakuan tanah diolah total lebih tinggi dibandingkan yang tanpa olah tanah

Sumber: Lokalit Tanaman Sela Perkebunan Sukabumi

Tabel 9.8 Analisis usahatani kelapa+kopi tanpa olah tanah

No	Uraian Kegiatan	Biaya dan Penerimaan Usahatani (Rp)		Jumlah
		Tahun 0–2	Tahun ke 3	
1 Upah tenaga kerja:				
	- Babat gawang	300.000	300.000	600.000
	- Pengajiran	50.000	–	50.000
	- Pembuatan lubang tanam kopi	231.000	–	231.000
	- Pem. Pupuk kandang, furadan dan penanaman	75.000	–	75.000
	- Pemeliharaan tanaman kopi	355.000	130.000	485.000
	- Panen dan angkut kopi	150.000	85.000	235.000
	- Pemeliharaan tan. Kelapa	–	474.350	474.300
	- Panen kelapa	–	390.000	390.000
	- Angkutan kelapa	–	–	–
	Jumlah 1	1.161.000	1.479.300	2.640.300
2 Bahan				
	- Bibit tanaman kopi	231.000	–	231.800
	- Pupuk kandang (u/t. kopi)	1.750.000	–	1.750.000
	- Urea (u.t. kopi dan kelapa)	60.000	304.800	364.850
	- SP 36 (u.t kopi dan kelapa)	52.500	282.000	334.500
	- KCl (u.t kopi dan kelapa)	122.500	551.250	673.800
	- Dursban (u.t kopi)	60.000	60.000	120.000
	- Furadan (u.t kopi)	40.000	–	40.000
	- Dithane M 45 (u.t kopi)	22.000	22.000	44.000
	Jumlah 2	2.338.000	1.220.050	3.558.050
	Jumlah 1 + 2	3.499.000	2.699.350	6.198.350
3 Produksi (penerimaan)				
	- Kelapa	2.448.000	4.743.000	7.191.000
	- Kopi	209.580	1.818.000	2.027.580
	Jumlah 3	2.657.580	6.561.000	9.218.580
	Keuntungan	-841.420	3.861.650	3.020.250
	B/C-ratio			1.48

- Hasil analisis usahatani menunjukkan bahwa perlakuan pengolahan tanah total memberikan keuntungan hasil lebih besar dibanding tanpa olah tanah

Sumber: Lokalit Tanaman Sela Perkebunan Sukabumi

Tabel 9.9 Analisis usahatani kelapa+kopi dengan olah tanah total

No	Uraian Kegiatan	Biaya dan Penerimaan Usahatani (Rp)		Jumlah
		Tahun 0-2	Tahun ke 3	
1 Upah tenaga kerja:				
	- Babat gawang	500.000	–	500.000
	- Pengajiran	50.000	–	50.000
	- Pembuatan lubang tanam kopi	161.700	–	161.700
	- Pem. Pupuk kandang, furadan dan penanaman	75.000	–	75.000
	- Pemeliharaan tanaman kopi	620.000	240.000	860.000
	- Panen dan angkut kopi	150.000	45.000	45.000
	- Pemeliharaan tan. Kelapa	–	428.400	428.400
	- Panen kelapa	–	345.000	345.000
	- Angkutan kelapa	–	–	–
	Jumlah 1	1.556.700	1.208.400	2.765.100
2 Bahan				
	- Bibit tanaman kopi	231.000	–	231.800
	- Pupuk kandang (u/t. kopi)	1.750.000	–	1.750.000
	- Urea (u.t. kopi dan kelapa)	60.000	304.800	364.800
	- SP 36 (u.t kopi dan kelapa)	52.500	282.000	334.500
	- KCI (u.t kopi dan kelapa)	122.500	551.250	673.750
	- Dursban (u.t kopi)	60.000	60.000	120.000
	- Furadan (u.t kopi)	40.000	–	40.000
	- Dithane M 45 (u.t kopi)	22.000	22.000	44.000
	Jumlah 2	2.338.000	1.220.050	3.558.050
	Jumlah 1 + 2	3.694.700	2.428.450	6.323.150
3 Produksi (penerimaan)				
	- Kelapa	4.131.000	4.284.000	8.415.000
	- Kopi	649.500	1.905.000	2.554.500
	Jumlah 3	4.780.500	6.189.000	10.969.500
	Keuntungan	885.800	3.760.550	4.646.350
	B/C-ratio			1.73

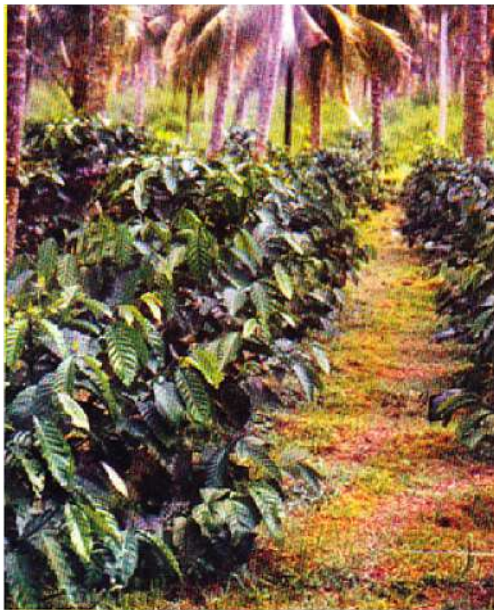
Keterangan : Upah tenaga kerja Rp. 5.000/HOK Pupuk kandang Rp. 70.000/bln
 Panen ke 1, tanaman kopi umur 2 tahun Harga Dursban Rp. 30.000/liter
 Panen ke 2, tanaman kopi umur 3 tahun Harga Furadan Rp. 10.000/kg
 Harga Urea Rp.1.200/kg Harga Dithane M 45 Rp. 22.000/kg
 Harga SP 36 Rp. 1.500/kg Harga kopi Rp. 1.500/kg
 Harga KCI Rp. 1.750/kg Harga kelapa Rp. 250/butir

Sumber: Lokalit Tanaman Sela Perkebunan Sukabumi

Kesimpulan:

- Menanam kopi di antara kelapa dengan pengolahan tanah total lebih baik dan lebih menguntungkan dibandingkan dengan tanpa olah tanah
- Produksi kopi + kelapa selama dua periode panen dengan perlakuan tanah diolah total sebanyak 1.703 kg biji kering wijen dan 33.660 butir, sedang tanpa olah tanah 1.351,7 kg biji kering angin dan 28.764 butir kelapa
- Keuntungan usahatani kelapa+kopi tanpa olah tanah selama dua musim panen sebesar Rp. 3.020.250 (B/C-ratio 1,48)
Sedang tanah diolah sebesar Rp. 4.646.350 (B/C-ratio 1.73)

Pada Gambar 9.6 disajikan penampilan tanaman kopi dan kelapa



Gambar 9.6 Tanaman sela kopi robusta di bawah pohon kelapa Genjah Kuning Nias

BAB X

DARI REVOLUSI HIJAU SAMPAI DENGAN EKONOMI BIRU

10.1 Revolusi Hijau

Sejarah perkembangan pertanian dimulai setelah ada kehidupan di planet bumi, mula-mula manusia purba hidup di gua-gua, mencari makanan dan berburu di hutan. Setelah berjalan ribuan tahun sampai 7000 tahun SM (Sebelum Masehi) terjadilah perubahan dari mencari di hutan menjadi pertanian yang menetap yang berarti sudah mulai bercocok tanam di sekitar tempat tinggalnya dan perubahan ini dinamakan Revolusi Pertanian. Pada abad ke 18 yaitu pada tahun 1798 M seorang pendeta berkebangsaan Inggris bernama Thomas Malthus (Sebrell *et al.*, 1986) menulis buku berjudul "*Principle of population*" yang menyatakan adanya hubungan antara jumlah penduduk dengan jumlah pangan (lihat Gambar 1.1).

Salah satu usaha untuk meningkatkan produksi pangan dunia antara lain dengan mengganti varietas lokal dengan varietas unggul melalui program pertanian terutama program pertanian dari Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB). Sehubungan dengan hal ini pada tahun 1944 yayasan Rockefeller meminta Dr. Norma E. Borlaug, ahli patologi dan agronomi untuk memimpin proyek perintisan guna meningkatkan produksi bahan pokok di Meksiko. Waktu itu produktivitas gandum hanya mencapai 969 liter per hektar, hanya sepersepuluh dari hasil di Amerika Serikat. Banyak usaha agronomi yang ditempuh namun hasilnya tidak tercapai, sehingga akhirnya pada tahun 1950 Borlaug menempuh cara lain yaitu dengan jalan menyilangkan varietas gandum setempat dengan gandum dari Amerika Serikat, Australia, Jepang dan Kolombia. Pada tahun 1953, Borlaug menyilangkan gandum Meksiko yang paling kuat dengan gandum kerdil dari Jepang, akhirnya diperoleh hibrid gandum kerdil Meksiko, sehingga pada tahun 1970 panen gandum dan jagung di Meksiko sudah dua kali lipat dari tahun 1944. Tahun 1953 tersebut akhirnya melahirkan suatu Revolusi Hijau (*Green Revolution*), suatu revolusi pertanian yang dapat melipatgandakan produktivitas tanaman.

Akhirnya Revolusi Hijau menyebar dengan cepat ke India, Pakistan, dan Asia Tenggara. Pada tahun 1965 – 1970, hasil gandum India meningkat 75% dan Pakistan dapat meningkatkan hasilnya dari 4,1 juta ton menjadi 7,2 ton. Revolusi hijau lain yang terkenal adalah revolusi hijau pada tanaman padi di Philippina yang dihasilkan oleh Institut Penelitian Padi Internasional (*International Rice Research Institute*) – IRRI yang didirikan pada tahun 1960. Pada tahun 1961, IRRI sudah menghasilkan varietas unggul padi yang dinamakan IR-8. Varietas ini adalah varietas kerdil yang berdaya hasil tinggi, responsif terhadap pupuk, adaptasi luas, umur 120 hari, sedangkan varietas lama umur 160 hari. Penemuan varietas unggul dengan produktivitas yang tinggi tersebut ternyata memerlukan input produksi antara lain pupuk anorganik dan pestisida yang tinggi pula sehingga pada akhirnya timbul dampak negatif dari pemakaian bahan kimia, dan lingkungan tercemar oleh bahan kimia (Sebrell *et al.*, 1986).

10.2 Perkembangan Program Pertanian Tanaman Pangan Setelah Revolusi Hijau

10.2.1 Periode 1945 – 1950

Hampir tidak ada program-program pertanian yang berarti karena pada periode tersebut masih dalam keadaan berperang dengan Belanda dalam rangka mempertahankan keutuhan Republik Indonesia.

10.2.2 Periode 1950 – sekarang

Pada periode ini banyak sekali program-program pembangunan pertanian yang dibuat oleh Pemerintah dengan berbagai variasinya sesuai dengan rezim pemerintahan yang berkuasa yang pada umumnya ada tiga orde yaitu Orde Lama (ORLA : 1945 – 1965), Orde Baru (ORBA : 1965 – 1998), dan Orde Reformasi (1988 – sekarang). Beberapa program yang terkenal dan berhasil antara lain:

- a. Panca Usaha Pertanian: 1). Pengolahan tanah, 2). Penggunaan Varietas Unggul, 3). Pengairan, 4). Pemupukan, dan 5). Pembreantasan hama dan penyakit.

- b. Program Demas (Demonstrasi Masal), Bimas (Bimbingan Masal), dan Supra Insus. Supra Insus adalah rekayasa sosial sekaligus rekayasa ekonomi dalam penyelenggaraan intensifikasi pertanian yang dilaksanakan atas kerja sama antar kelompok tani pelaksana Insus (Intensifikasi khusus). Pada satu WKBP (Wilayah Kerja Penyuluh Pertanian) paket teknologi yang diterapkan dalam Supra Insus terdiri atas 10 unsur teknologi yaitu: (1). Pengolahan tanah yang sempurna, (2). Benih bermutu tinggi (bersertifikat), (3). Populasi tanaman lebih dari 200.000 rumpun/ha, (4). Perbaikan tata guna air di tingkat usahatani, (5). Pemupukan berimbang (NPKS) dengan takaran/dosis sesuai anjuran setempat, (6). Penggunaan pupuk pelengkap cair (PPC), dan zat pengatur tumbuh. (7). Pengendalian hama dan penyakit secara terpadu, (8). Penanganan panen dan pasca panen sesuai rekomendasi, (9). Penerapan pola tanam (pergiliran varietas/semai padi antar musim tanam dan antar kelompok tani, untuk memutus siklus hama dan penyakit utama dan (10). Pengaturan pola tanam (IP > 200%), dan pemeliharaan tanaman secara baik. Berbagai program intensifikasi tersebut membuahkan hasil yang prestisius dengan tercapainya swasembada beras dan mendapatkan penghargaan dari FAO pada tahun 1984. Sayangnya keberhasilan tersebut hanya berlangsung sampai tahun 1993 karena berbagai faktor penyebab. Penggunaan PPC, ZPT, pupuk vitamin, enzim tanam, dan berbagai produk tanam lainnya masih belum konsisten hasilnya. Perlu dievaluasi kembali karena keunggulannya produk-produk ini ditinggalkan oleh petani. Pengguna produk-produk ini dikategorikan teknologi semu karena tidak ada manfaatnya. Pemakai produk-produk baru yang menjamin di era sekarang ini harus diuji melalui percobaan/penelitian (Sumarno, 2013).
- c. Gema Palagung
Gema Palagung yaitu Gerakan Mandiri Padi, Jagung, dan Kedelai pada tahun 1998 dengan 10 jurus paket D, IP 200, dan IP

300 atau perbaikan mutu intensifikasi dan program ini tidak berlanjut.

d. Program Peningkatan Beras Nasional (P2BN)

Program ini dikhususkan untuk padi sawah irigasi dengan teknologi PTT (Pengelolaan Tanaman dan Sumberdaya Terpadu) sebagai landasan operasionalnya dan diantaranya berupa Sekolah Lapang PTT (SL-PTT).

e. Pertanian Organik

Terdapat beberapa definisi mengenai pertanian organik atau "*Organic Farming*", antara lain sebagai berikut:

- Pertanian organik adalah suatu sistem pertanian yang mendorong kesehatan tanah dan tanaman melalui praktek seperti daur ulang unsur hara dari bahan-bahan organik (seperti kompos dan sampah tanaman, rotasi tanaman, pengolahan tanah yang tepat dan menghindari pemakaian pupuk sintesis serta pestisida (Reijntjes, *dkk.*, 1992).
- Pertanian organik adalah suatu sistem pengelolaan produksi alamiah yang meningkatkan keragaman hayati (*biodiversity*), aktivitas biologi tanah, serta daur ulang secara biologis. Dalam hal ini suatu sistem produksi didasarkan pada penggunaan input budidaya yang minimal dan praktek pengelolaan yang menyehatkan, mempertahankan atau meningkatkan keharmonisan secara ekologis (Akinyemi, 2007). Sasaran utama pertanian organik yaitu mengoptimalkan produktivitas suatu kehidupan yang saling tergantung antara kehidupan di tanah, tanaman, hewan, dan manusia dengan suatu teknologi yang ramah lingkungan. Istilah organik sendiri mengacu pada kata alamiah dan ramah lingkungan. Teknologi yang digunakan dalam pertanian organik yaitu teknologi yang dapat meningkatkan keuntungan antara lain penggunaan varietas unggul, rotasi tanaman, mulsa dan mekanisasi yang efisien dan tidak menggunakan cara yang berdampak negatif

terhadap masyarakat dan lingkungan. Penggunaan organisme hasil rekayasa genetik atau GMO (*Genetically Modified Organism*) seperti tanaman transgenik yang resisten terhadap herbisida tidak diperbolehkan dalam pertanian organik.

- Pertanian organik adalah suatu sistem produksi pertanian yang holistik dan terpadu, yang mengoptimalkan kesehatan dan produktivitas agroekosistem secara alami, sehingga mampu menghasilkan pangan dan serat yang cukup, berkualitas dan berkelanjutan (Anonim, 2003). Sistem pertanian organik bertujuan mendukung pertanian yang berkelanjutan (*sustainable agriculture*). Pertanian berkelanjutan sendiri mempunyai arti suatu pengelolaan sumber daya pertanian untuk memenuhi kebutuhan manusia sambil mempertahankan atau meningkatkan kualitas lingkungan dan melestarikan sumber daya alam.

Dari definisi tersebut terlihat bahwa ada kemiripan antar pertanian organik dengan pertanian berkelanjutan, tetapi definisi pertanian organik lebih tegas yaitu adanya penggunaan input budidaya yang serba alami tidak menggunakan produk sintesis atau buatan seperti pupuk pabrik (pupuk anorganik), pestisida, bahan tanaman bioteknologi terutama GMO (*Genetically Modified Organism*) atau transgenik dan harus menggunakan pupuk organik.

Dalam prakteknya sulit untuk melaksanakan pertanian organik secara sempurna, tetapi umumnya terjadi kompromi. Penggunaan pupuk anorganik masih dilakukan seminimal mungkin dan perlu dikombinasikan dengan pupuk organik mengingat fungsi pupuk organik yang antara lain dapat mengefisienkan pemakaian pupuk anorganik dan menghindari dampak negatif dari pemakaian pestisida, utamanya insektisida sekaligus dengan menerapkan sistem PHT (*Pengendalian Hama Terpadu*). Konsep PHT diperkenalkan pada tahun 1959 yang sebelumnya dikenal dengan istilah pemberantasan hama yang berprinsip hama harus dimusnahkan agar hasil tanaman tidak menurun. Akhirnya diketahui bahwa pemberantasan hama dengan insektisida

berdampak negatif seperti ikut terbunuhnya musuh-musuh alami dari hama yang berupa predator dan parasit, hama semakin tidak terkendali, terjadi peledakan populasi hama akibat timbulnya resistensi hama (hama semakin kebal terhadap penggunaan insektisida), serangga hama betina makin subur, merusak lingkungan sehingga air tanah terkontaminasi dengan racun insektisida, dan mikroorganisme tanah baik jumlah maupun jenisnya makin berkurang. Akinyemi (2007), menyebutkan dampak negatif dari pestisida yaitu:

- (1) Menurunkan kegemburan tanah,
- (2) Mendorong terbentuknya lapisan keras di tanah (*hardpan*),
- (3) Merusak kehidupan mikroorganisme yang menguntungkan termasuk cacing tanah,
- (4) Terjadinya perubahan kandungan vitamin dan protein tanaman tertentu,
- (5) Membuat tanaman tertentu lebih mudah terserang penyakit, dan
- (6) Dapat mencegah tanaman menyerap beberapa mineral yang dibutuhkan.

Sejak diterapkan PHT di Indonesia, PHT mengalami beberapa istilah seperti yang dikemukakan oleh Soebandrijo (2005). Semula dinamakan PHT berbasis teknologi, kemudian dinamakan PHT berbasis ekologi. Pengendalian hama terpadu yang terakhir telah diterapkan pada tanaman kapas (tanaman penghasil serat tekstil dari buah kapas) dengan cara yang sederhana karena komponennya 85% alami dengan menggunakan sumber daya alami. Komponen PHT terdiri atas:

- (1) Varietas unggul kapas tahan wereng,
- (2) Benih bermutu,
- (3) Waktu tanam yang tepat,
- (4) Penggunaan tanaman jagung sebagai perangkap hama penggerak buah (*Helicoverpa armigera* dan penarik parasitoid *Trichogramma* sp,
- (5) Pemanfaatan serasah,
- (6) Pemanfaatan gulma sebagai sumber parasitoid dan predator serta penyiangan terbatas, dan
- (7) Penyemprotan insektisida berdasarkan hasil panduan.

Pada komponen butir 7 mengandung pengertian bahwa penyemprotan dengan insektisida dilakukan setelah terjadi ambang pengendalian yang terdiri atas: (1). Ambang ekonomi atau *economic threshold* (ET), dan (2). Taraf kerusakan ekonomis (**Anonim, tanpa tahun**). Nilai ambang ekonomis menggambarkan populasi maksimal serangga per tegakan tanaman atau satuan luas sebelum keberadaannya menyebabkan kerusakan. Tindakan pengendalian dilakukan apabila jumlahnya melebihi batas ambang. Taraf kerusakan ekonomis (*Economic Injury Level* – EIL) menggambarkan kerusakan yang timbul akibat serangan hama. Pengendalian dilakukan sampai jumlah kerusakan turun di bawah EIL. Sebagai contoh yaitu hama kumbang kedelai (*Phaedomia inclusa* Stall) yang mempunyai nilai ambang ekonomi atau ambang kendali: 2 ekor larva/8 tanaman atau 1 ekor larva/4 tanaman dan taraf kerusakan tanaman atau intensitas kerusakan daun lebih dari 12,5%. Akhir-akhir ini negara-negara di dunia mulai menyenangi mengkonsumsi produk pertanian organik, terutama negara-negara Eropa Barat seperti Belanda, Skandinavia, Jerman, Italia, dan Austria. Lahan pertanian yang dikelola sebagai pertanian organik di Jerman, Italia, dan Austria masing-masing sebesar 2,4 dan 10%, sedangkan Inggris juga sudah mulai mengkampanyekan pemakaian produk pertanian organik. Produk dari pertanian organik harus disertifikasi oleh suatu Badan Sertifikasi Organik yang di Eropa dilaksanakan oleh AMAB, IMC, Diameter, Bioland, Codex Alimentarius, AZAB (Associazione per Bioagricap and Associazione per l'Agrioltura Biodinamica) dan Badan Sertifikasi Organik Internasional yaitu IFOAM (International Federation for Organic Movement) (Akanyemi, 2007). Di Indonesia sudah ada Lembaga Sertifikasi Pangan Organik (LSPO) sebanyak 7 buah antara lain LSPO Sucofindo Jakarta (www.organikilo.co/2015/03/lembaga-sertifikasi-organik.html).

10.3 Revolusi Hijau Lestari

Meskipun revolusi hijau ternyata dapat meningkatkan produktivitas tanaman secara signifikan tetapi karena tanaman menjadi responsif terhadap pemupukan sehingga penggunaan pupuk anorganik

meningkat. Hasil penelitian pada tanaman kapas menunjukkan bahwa pemakaian pupuk N yang berlebihan mempunyai korelasi positif dengan meningkatnya serangan hama. Tingginya dosis N menyebabkan tanaman kapas makin peka terhadap serangan ulat penggerek buah *Helicoverpa armigera*. Kerusakan lingkungan akibat modernisasi pertanian melahirkan konsep baru yaitu Revolusi Hijau Lestari (*The Evergreen Revolution*) yang dibahas dalam *The Science Academic Summit*, yang diselenggarakan oleh M. S. Swaminathan Research Foundation pada tanggal 8 – 11 Juli 1996 di Madras, India. *The Evergreen Revolution* menekankan pada perlunya: 1) Ekoteknologi yaitu teknologi yang dapat meningkatkan produksi pangan dan ramah lingkungan dan 2) Perlunya perhatian yang lebih besar terhadap lahan pertanian marginal karena lahan ini merupakan kantong-kantong kemiskinan yang ditandai sebagai pemicu dan pemacu degradasi sumber daya alam.

Dalam *The World Food Summit* yang diselenggarakan oleh FAO di Roma tanggal 13 – 17 Nopember 1996, para pemimpin dunia sepakat untuk mencangkan *The New Evergreen Revolution* yang intinya sama dengan *The Evergreen Revolution*. PBB menindaklanjutinya dengan mencetuskan *The Millenium Ecosystem Assessment* dan *The Millenium Development Goals* (Fagi *et al.*, 2009). Indonesia adalah salah satu dari 38 negara di dunia yang berhasil mengurangi jumlah penduduk kekurangan gizi lebih dari 50% yaitu dari 20% pada tahun 1990 menjadi 8,6% pada tahun 2012, ini berarti mencapai *Millenium Development Goal* (Soesilo, 2013).

Millenium Development Goals (MDGS) dideklarasikan di Johannesburg, Afrika Selatan, September 2002. Pada waktu itu, Presiden Megawati Seokarno Putri bersama 103 kepala negara lainnya mendeklarasikan MDGS dengan 8 sasaran yaitu:

- (1) Menghapuskan kelaparan dan kemiskinan yang ekstrim,
- (2) Pencapaian pendidikan dasar universal,
- (3) Mempromosikan kesetaraan gender dan pemberdayaan perempuan,
- (4) Mengurangi angka kematian bayi,

- (5) Mengurangi angka kematian ibu,
- (6) Melawan penyakit menular seperti HIV/AIDS, malaria dll,
- (7) Pelestarian lingkungan hidup, dan
- (8) Kemitraan global.

10.4 Ekonomi Hijau

Perkembangan dunia usaha dan industrialisasi ditengarai oleh berubahnya fungsi lahan pertanian menjadi bangunan untuk industri, kantor dan pemukiman serta penggunaan bahan bakar fosil (batu bara, minyak bumi dan gas) yang kesemuanya berdampak negatif terhadap lingkungan. Pembalakan dan pembakaran hutan dan pembakaran bahan bakar fosil dapat melepaskan karbon dioksida saat bahan bakar fosil menghasilkan tenaga dan keadaan ini menambah jumlah gas rumah kaca (GRK) di atmosfer. Penambahan GRK menyebabkan lebih banyak panas yang terperangkap yang berakibat suhu rata-rata di seluruh dunia perlahan-lahan naik. Kenaikan suhu ini dikenal sebagai pemanasan global (*global warming*). Bila aktivitas manusia tersebut tidak terkendali, para ilmuwan meteorologi memprediksi jumlah Gas Rumah Kaca (GRK) terus naik dengan laju seperti sekarang ini, suhu rata-rata akan naik antara 1,5°C – 4°C pada lima puluh tahun ke depan.

Karbon dioksida dan uap air merupakan gas-gas rumah kaca utama, tetapi gas-gas lain seperti klorofluorokarbon (CFC), oksida nitrogen dan metan yang menyerap radiasi yang dipantulkan ke luar, sehingga suhu dunia meningkat. Selanjutnya dapat mempengaruhi iklim dunia dan makhluk hidup. Daerah gurun bertambah dan suhu di laut meningkat. Hal ini menyebabkan banjir di dataran rendah dan bertambahnya badai yang hebat. Badai di setiap negara mempunyai nama seperti topan Katrina di Amerika Serikat, topan Superbonu di Semenanjung Arab, topan Sedr di Bangladesh, topan Nargis di Myanmar, topan Higos di China Selatan, dan badai Michelle di Cuba.

Dari informasi tersebut membuktikan bahwa dunia usaha (bisnis) dan industrialisasi dapat merusak lingkungan hidup dunia. Istilah yang populer terhadap kegiatan manusia seperti itu merupakan aktivitas yang tidak ramah lingkungan (*not ecofriendly*). Menyadari dampak

negatif eksploitasi sumber daya alam yang tidak ramah, maka timbul organisasi LSM yang menentang perusakan lingkungan seperti *Green Peace*, di Indonesia ada Walhi (Wahana Lingkungan Hidup Indonesia) dan dari Pemerintah ada Bapeda (Badan Pengelolaan Dampak Lingkungan), namun efektivitasnya belum sesuai dengan yang diharapkan. Dunia usaha dituntut untuk mencari keuntungan dan harus bertanggung jawab terhadap keamanan lingkungan. Konsep ini dikenal dengan *berbisnis yang ramah lingkungan* atau orientasi bisnis berbasis lingkungan dan akhirnya timbul konsep ekonomi hijau (*green economy*) (Hatta *dalam* Djajadiningrat *dkk.*, 2014). Pada prinsipnya ekonomi hijau adalah suatu paradigma pembangunan yang didasarkan kepada (1). *Resources efficiency* (efisiensi pemanfaatan sumber daya), (2). *Sustainable consumption and production pattern* (pola konsumsi dan produksi berkelanjutan), dan (3). Internalisasi biaya-biaya lingkungan dan sosial (Hatta, 2011). Selanjutnya menurut Djajadiningrat *dkk.* (2001), konsep ekonomi hijau secara detail meliputi 10 prinsip yang pada intinya adalah merubah ekonomi konvensional menjadi ekonomi yang berbasis lingkungan dan dalam pengertian yang luas adalah strategi pembangunan manusia Indonesia dan manusia dengan alam.

Industrialisasi Indonesia ke depan harus mengedepankan konsep ekonomi hijau atau ekonomi berbasis lingkungan. Perusahaan-perusahaan selain mencari profit dan memuaskan pelanggan juga harus menerapkan teknologi berwawasan lingkungan serta dapat meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan.

Benar yang dikatakan oleh Ban Kimoon, Sekjen PBB (Bisnis Indonesia, 13 Desember 2007): “Ekonomi dapat dan harus tumbuh dengan mengurangi intensitas karbon, sekaligus menciptakan peluang kerja baru serta mengatasi kemiskinan. Kita tetap bisa menurunkan emisi GRK, sambil meningkatkan pertumbuhan ekonomi” (Kennedy, 2009). Untuk mewujudkan ekonomi hijau perlu kerja keras dan harus segera dilaksanakan. Sangat menakutkan bila planet bumi menjadi rusak. Janganlah mengejar keuntungan sesaat bila jangka panjangnya merugikan umat dan masyarakat. Karena itulah para pejabat yang

mengemban amanat harus berbuat yang bermanfaat, menghindari yang menyebabkan mudharat.

10.5 Ekonomi Biru

Akhir-akhir ini timbul konsep ekonomi biru (*Blue economy*) yang sering dilansir oleh media cetak. Diposaptono, Direktur Tata Ruang Kelautan, Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) (Widayadi, 2013) mendefinisikan ekonomi biru adalah sistem ekonomi yang didasarkan pada prinsip-prinsip pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan dan didukung oleh sistem produksi yang efisien dan bersih tanpa merusak lingkungan demi kemakmuran umat manusia masa kini dan masa mendatang. Selanjutnya dikemukakan bahwa pembangunan berbasis *green economy* yang dikenalkan oleh *United Nation Environment Programme* (UNEP) telah menjadi perhatian banyak negara dengan konsep mendorong investasi yang rendah emisi karbon, efisiensi sumber daya alam, bersih, minim limbah dan *ecosystem enhanced activities*. Sumber daya alam dapat diharapkan dieksploitasi secara berkelanjutan. Ekonomi hijau yang dicetuskan di pertemuan Rio Summit di Rio de Janeiro tahun 1992 memiliki beberapa kelemahan, diantaranya meningkatnya GRK sebagai akibat pertumbuhan industri yang terus meningkat. Oleh karena itu paradigma ekonomi hijau disempurnakan menjadi ekonomi biru (*Blue economy*)

Dalam konsep *blue economy*, teknologi yang digunakan adalah teknologi yang bernilai tambah tinggi, berdaya saing dan terjaga kelestariannya dan tanpa polutan – *zero waste* (Poernomo dalam Widayadi, 2013), sedangkan Hakim (dalam Widayadi, 2013), menyatakan bahwa inovasi teknologi berbasis *blue economy* harus memiliki nilai tambah atau *added value*. Tidak boleh menghasilkan bahan mentah (*raw material*) tetapi harus diupayakan agar setiap proses produksi bernilai jual tinggi. Semua bahan galian dan bahan mentah harus diproses terlebih dahulu.

Indonesia jangan hanya bergerak dalam *on farm*, tetapi harus *off farm*. Sebagai contoh Indonesia sudah memproduksi biodiesel dari CPO (*Crude Palm Oil*). Pada periode 2005 – 2008 digerakkan upaya-

upaya memproduksi biodiesel dari biji tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas*), namun salah satu kendalanya adalah produktivitas yang masih rendah dan banyaknya kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman. Dugaan semula menyatakan bahwa tanaman jarak pagar tahan kering dan sesuai untuk lahan kering. Target produktivitas biji sebesar 4.500 – 8.000 kg/ha/tahun tidak terealisasi. Penelitian Mulyaningsih dkk. (2008), produktivitas pada tahun ke-3 mencapai 258 kg/ha, padahal menurut Frans (2008), target produktivitas pada tahun ke 3 sebesar 1.200 – 2.400 kg/ha/tahun.

Baharsyah (2014), dalam pidato ilmiah tanggal 16 Juni 2014 di Manila saat menerima penghargaan Umali Award menekankan perlunya menerapkan konsep ekonomi biru. Umali Award adalah penghargaan yang diberikan kepada tokoh-tokoh yang dianggap berjasa di bidang pembangunan pertanian di lingkup ASEAN. Dinamakan Umali karena Umali adalah tokoh pertanian Filipina yang berjasa memajukan bidang pertanian internasional. Umali pernah menjabat sebagai Dirjen SEARCA (South East Asean Regional Center for Research and Advance Education in Agriculture) yang pertama.

Ada 5 prinsip dalam ekonomi biru menurut Baharsyah (2014), yaitu :

- Mengedepankan pendekatan wilayah, sedangkan “*green revolution*” menggunakan pendekatan sawah. Ekonomi biru meliputi sawah, lahan kering, dan lahan pasang surut.
- Pelaku dalam ekonomi biru adalah petani dan dianjurkan membentuk kelompok dan kelompoknya menjalin kerjasama dengan perusahaan.
- Dianjurkan penanaman *multiple crop*, sedangkan pada “*green revolution*” hanya berupa *monocrop*. Tanaman yang diusahakan meliputi perkebunan, pangan, hortikultura, bahkan termasuk ternak dan ikan.
- Produk yang dihasilkan bukan produk primer, tetapi produk yang sudah mengalami nilai tambah.
- Memakai prinsip “*zero waste*” (tidak ada limbah terbuang).

Contoh aplikasi dari “*blue economy*” adalah mengembangkan usaha ternak di perkebunan kelapa sawit, sehingga terdapat multicrop (tanaman kelapa sawit dengan tanaman lain) dan ada ternaknya. Konsep *zero waste* berjalan karena ternak menghasilkan pupuk dan energi sehingga tidak ada limbah sama sekali. Terjalin kerja sama antara kelompok petani dengan perusahaan besar untuk mengolah kelapa sawit. Hasil-hasil penelitian tentang sistem integrasi tanaman – ternak telah disampaikan pada tanggal 20 – 22 Juli 2004 di Denpasar, Bali (Anonim, 2004a dan 2004b). Perseroan Terbatas Perkebunan Nusantara (PTPN) yang sudah merintis program sapi – sawit ini antara lain PTPN III, IV, V dan VI walaupun belum optimal akibat berbagai hal antara lain : (1). SDM yang terbiasa menangani sawit diharuskan untuk memelihara sapi, (2). Kesulitan dalam pengadaan bakalan sapi, dan (3). Biaya pembibitan sapi yang cukup mahal (Lee, 2013).

Dari informasi tersebut di atas sebenarnya antara pertanian organik, pertanian yang berkelanjutan, ekonomi hijau dan ekonomi biru terdapat satu kesamaan yaitu adanya suatu sistem usaha berbasis lingkungan yang intinya adalah ramah lingkungan (*ecofriendly*) pada Gambar 10 disajikan integrasi kebun kelapa sawit dengan ternak sapi yang merupakan contoh ekonomi biru



Gambar 10.1 Integrasi kebun kelapa sawit dan ternak sapi (kotoran sapi dijadikan pupuk kandang)

BAB XI

IMPLEMENTASI PRINSIP-PRINSIP AGRONOMI

11.1 Penerapan Pengelolaan Tanaman Terpadu Padi dan Kedelai

Telah banyak hasil-hasil penelitian bidang pertanian yang dihasilkan oleh institusi penelitian pertanian seperti Badan Litbang Pertanian (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian), perguruan tinggi negeri dan swasta, swasta, dan institusi lain, tetapi yang terserap oleh pengguna, terutama petani masih belum optimal, karena berbagai faktor antara lain oleh terbatasnya finansial, luas kepemilikan yang sempit (sekitar 0,3 ha) dan inovasi teknologi yang belum spesifik lokasi. Teknologi yang dihasilkan oleh Balai Penelitian masih perlu diverifikasi di tingkat petani sesuai dengan kondisi petani dan lingkungannya. Pemerintah sejak lama telah berusaha untuk mensosialisasikan teknologi hasil penelitian melalui berbagai cara (metode) seperti: demoplot, demfarm, on farm, temu lapang, temu wicara, temu tugas, penyuluhan dan Klompencapir (Kelompok Pendengar Pembaca dan Pemirsa) zaman Orde Baru yang digagas Menteri Penerangan Harmoko. Pada kenyataannya usaha tersebut belum membuahkan hasil yang optimal sehingga dicari terobosan baru yaitu metode Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) yang akhir-akhir ini diintensifkan oleh Badan Litbang Pertanian melalui Balai-Balai Penelitian lingkup Badan Litbang Pertanian, terutama oleh Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) yang tersebar di semua provinsi di Indonesia.

PTT adalah pendekatan untuk menghasilkan rakitan teknologi spesifik lokasi dalam pengelolaan lahan, air, tanaman dan organisme pengganggu tanaman (OPT) secara terpadu dan menjamin keberlanjutan kelestarian lingkungan. Dengan demikian PTT bukan merupakan paket teknologi yang bersifat umum dan baku, melainkan terbuka terhadap adanya modifikasi sesuai dengan keadaan setempat (Kasijadi *dkk.*, 2012).

Rakitan teknologi dalam PTT bersifat spesifik lokasi untuk setiap daerah, sehingga harus mempertimbangkan lingkungan fisik, bio – fisik, dan iklim, serta kondisi sosial ekonomi petani setempat. PTT

dilakukan atas dasar kebutuhan, keinginan dan kehendak petani yang didukung petugas. Dalam menyusun rakitan teknologi, mempertimbangkan interaksi antar komponen teknologi dan sumberdaya setempat, mengintegrasikan antara pengelolaan lahan, air, tanaman dan OPT (L-A-T-O). Penerapan rakitan teknologi harus selalu dievaluasi dan disempurnakan dari waktu ke waktu, berdasarkan hasil evaluasi kinerja PTT. Evaluasi dilakukan bersama-sama antara petani, petugas dan instansi terkait lainnya.

Menurut Las (2003), PTT merupakan salah satu strategi peningkatan produksi dan pendapatan petani secara berkelanjutan yang mengintegrasikan berbagai komponen teknologi yang saling menunjang (sinergis), sesuai dengan kondisi sumberdaya setempat dengan melibatkan partisipasi petani, khususnya petani padi. Senada dengan pernyataan Las (2003), maka menurut Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan (Puslitbangtan, 2006), PTT tanaman padi adalah suatu pendekatan dalam budidaya padi yang menekankan pada pengelolaan tanaman, lahan, air dan organisme pengganggu secara terpadu. Pengelolaan yang diterapkan mempertimbangkan hubungan sinergi dan komplementer antar komponen. Tujuan PTT yaitu untuk mempertahankan atau meningkatkan produktivitas padi secara berkelanjutan (*sustainable*) dan efisiensi produksi dengan memperhatikan sumber daya, kemampuan dan kemauan petani. Dalam pelaksanaan PTT, petani diberi kesempatan untuk memilih dan menyesuaikan teknologi yang akan diterapkan. Disini petani sebagai subyek, bila suatu teknologi baru seperti varietas unggul, teknologi ini akan diuji bersama di lahan petani. Petani akan mengamati dan memilih sendiri apabila akan menggunakan varietas itu atau tidak. Karena itu PTT bukan merupakan paket teknologi yang umum dan baku, tetapi masih selalu disesuaikan dengan keadaan setempat, kemampuan dan kemauan petani, sehingga teknologinya bersifat spesifik lokasi.

11.1.1 Program Pengelolaan Tanaman Terpadu Padi dan Kedelai

Dalam rangka sosialisasi penerapan PTT ini, BPTP Jawa Timur melaksanakan PTT di berbagai kabupaten di Jawa Timur antara lain

di Kabupaten Madiun. Guna mempercepat adopsi teknologi PTT diperlukan terobosan teknologi secara massal melalui penerapan teknologi secara terfokus, sistematis, sinergi dan terintegrasi baik dari segi pembinaan maupun pembiayaannya, yaitu dengan penerapan Sekolah Lapangan Pengelolaan Tanaman dan Sumberdaya Terpadu (SL-PTT). Gerakan SL-PTT di Jawa Timur sudah dilaksanakan sejak tahun 2010, yaitu di beberapa kabupaten dan diadakan sekolah lapang bagi petani dalam menerapkan teknologi usahatani melalui penggunaan input produksi yang efisien dan spesifik lokasi sehingga mampu menghasilkan produktivitas tinggi dalam menunjang peningkatan produksi secara berkelanjutan.

Komponen Teknologi dalam PTT meliputi Teknologi Dasar dan Teknologi Pilihan. Komponen teknologi dasar (*compulsory*) yaitu komponen teknologi yang harus diterapkan. Misal pada PTT padi, komponen teknologi dasar meliputi: Varietas Unggul Baru (VUB), bibit bermutu dan sehat (perlakuan benih), pemberian pupuk organik, pemupukan efisien mengacu pada BWD (Bagan Warna Daun), Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS), data analisis tanah dan Permentan No. 40/OT.140/4/2007 dan pengendalian hama secara terpadu sesuai OPT sasaran. Komponen teknologi pilihan adalah komponen teknologi yang bersifat spesifik lokasi yaitu pengelolaan tanaman yang meliputi populasi dan cara tanam (jajar legowo, larikan dll), tanam bibit muda (berumur 15 hari setelah sebar (HSS) atau 21 HSS), perbaikan aerasi tanah dengan irigasi berselang (*intermiten*), penggunaan pupuk cair (PPC, ZPT, pupuk mikro) dan penanganan panen dan pasca panen dengan baik.

11.1.2 Penerapan PTT Padi dan Kedelai

Dalam rangka penerapan PTT padi dan kedelai di Kabupaten Madiun, maka pada tahun 2011 (Januari – Desember 2011) dilaksanakan pendampingan Sekolah Lapangan PTT (SL-PTT) padi dan kedelai di Kabupaten Madiun, lokasi kegiatan SL-PTT padi di Desa Tiron, Kecamatan Madiun sedangkan SL-PTT kedelai dilaksanakan di Desa Mejayan, Kabupaten Madiun (Krismawati, 2011).

a. Pelaksanaan Pendampingan SL-PTT Padi dan Kedelai

Kegiatan pendampingan SL-PTT padi dan kedelai di Kabupaten Madiun meliputi:

- (1) Koordinasi dengan Pemerintah Daerah tentang kegiatan pendampingan SL-PTT Tahun 2011;
- (2) Pemilihan lokasi demfarm padi sawah dan kedelai;
- (3) Pelaksanaan Kajian Kebutuhan dan Peluang (KKP) padi dan kedelai;
- (4) Mempersiapkan materi inovasi teknologi untuk diseminasi padi dan kedelai;
- (5) Mempersiapkan demfarm padi dan kedelai beserta display uji varietas berdasarkan musim tanam yang ada serta menyiapkan benihnya,
- (6) Melaksanakan demfarm padi dan kedelai,
- (7) Menjadi narasumber dalam pelatihan Penyuluh Lapang (PL-3) dan petani;
- (8) Menjadi narasumber dalam pertemuan kelompok tani;
- (9) Melaksanakan pelatihan untuk mendukung kegiatan SL-PTT padi dan kedelai;
- (10) Melaksanakan temu lapang padi. Agar kegiatan tersebut berjalan dengan baik diperlukan:
 - (1) Koordinasi dengan pemerintah Kabupaten, Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura, Badan Ketahanan Pangan Kabupaten, dan BBP kecamatan,
 - (2) Membantu dalam pelaksanaan kegiatan KKP untuk menggali potensi dan permasalahan di lokasi SL-PTT;
 - (3) Menjadi narasumber dalam Penyuluh Lapang (PL-3) apabila diminta Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura;
 - (4) Melaksanakan temu lapang dengan perencanaan dan pelaksanaan bersama-sama dengan pemerintah daerah;
 - (5) Mempersiapkan materi inovasi teknologi untuk diseminasi kepada para PPL/Mantri Tani (Mantan)/Pengamat Organisme pengganggu tanaman (POPT), dan
 - (6) Monitoring dan evaluasi kegiatan pendampingan SL-PTT.

b. Teknologi Yang Disepakati Oleh Petani

Teknologi yang telah disepakati oleh petani padi di Desa Tiron disajikan pada Tabel 11.1, sedangkan untuk kedelai pada Tabel 11.2.

Tabel 11.1. Teknologi Budidaya Padi di Desa Tiron

No. Uraian	Eksisting	Perbaikan/Introduksi
1. Varietas	Ciherang, IR – 64, Cibogo, Situbagendit	Inpari 4 dan 7Uji varietas: Inpari 1,5, 6, 10 dan 13
2. Pengolahan tanah	Bajak 2 kali + garu 2 kali (waktu : 1 bulan)	Bajak 2 kali + garu 2 kali (waktu : 1 bulan)
3. Pemakaian pupuk organik	Jerami dibakar, sebagian dimanfaatkan untuk pakan ternak; Pupuk organik Cap Kuda Laut 1 ton/ha	Pupuk organik : Petroganik sebanyak 2 ton/ha.
4. Umur bibit	25 – 30 hari	18 - 21 hari
5. Benih	Berlabel (30%) beli di kios dan milik sendiri (70%); Diredam 24 jam, ditiris; diperam 24 jam	Berlabel; Diredam 24 jam, ditiris; Diperam 24 jam
6. Kebutuhan benih	45 - 50 kg/ha	25 - 40 kg/ha
7. Pesemaian	Pupuk Ura 1,5 kg pada umur 8 – 10 HSS; Penggunaan Dursband 2 cc/5 liter air (1 kali) pada umur 10 HSS Penggunaan NPK Phonska 2 kg/70 m ²	Penggunaan Regent 250 gram/70 m ² ;
8. Sistem tanam	Tegel (25 cm x 25)	Jajar legowo (40 x 20 x 12.5) cm
9. Jumlah bibit	1 – 3 tanaman/rumpun	2 – 3 tanaman/rumpun
10. Pemupukan anorganik	Pupuk ke-1 = NPK Phonska + Urea (1:1) 200 kg/ha; \longrightarrow NPK Phonska = 350 kg/ha; ZA = 100 kg/ha; Pupuk ke-2 = NPK Phonska + Urea (1:1) 100 kg/ha \longrightarrow Urea sesuai BWD dan P dan K sesuai PUTS	

No. Uraian	Eksisting	Perbaikan/Introduksi
11. Pengairan	Tanam macak – macak, setelah 7 hari diairi dan seterusnya sampai tanaman padi berumur 70 HST	Pengairan secara berselang anatar digenangi dan dikeringkan; Saat tanam, kondisi air macak – macak; Secara berangsur tanah diari 2 – 5 cm sampai tanaman berumur 10 hari; Dibiarkan sawah mengering sendiri secara berangsur (lahan mulai kering 5 – 6 hari); Setelah permukaan tanah tampak retak selama 1 hari, kembali diairi setinggi 5 cm; Sawah dibiarkan mengering, tanpa diairi (5-6 hari lalu diairi ± 5 cm, dan seterusnya
12. OPT	Penyemprotan dengan Insektisida Scor dan Spontan masing-masing 1 liter/ha per musim	Sesuai dengan PHT. Pengamatan dilakukan secara rutin.
13. Sumber air	Irigasi teknis	Irigasi teknis
14. Panen	Tebas (kebutuhan dan kondisi tanaman); Panen sendiri	Panen dalam bentuk Gabah Kering panen (GKP)
15. Produksi	5,5 – 6,0 ton/ha	7,0 ton/ha – 8,0 ton/ha
16. Pola tanam	Padi - padi - padi	Padi - padi - padi
17. Nama Kelompok Tani; Pertemuan kelompok	Tiron Maju II; Satu kali dalam satu bulan	Tiron Maju II; Satu kali dalam satu bulan

*)Sumber: Krismawati (2011)

Teknologi Budidaya Kedelai disajikan pada Tabel 11.2.

Tabel 11.2 Teknologi Budidaya Kedelai di Desa Mejayan

No.	Eksisting	Perbaikan/Introduksi
1. Varietas	Wilis	Demfarm: Argomulyo; Burangrang Uji varietas: Kaba, Burangrang, Anjasmoro, Grobogan
2. Pengolahan tanah	Olah tanah minimum	Olah tanah minimum dengan pembuatan petak, ℓ : 2m, p : sesuai keadaan antar petak dibuat saluran 25 cm
3. Pemakaian pupuk organik	Pupuk organik: Cap Kuda Laut 500 kg/ha	Pupuk organik: Petrogenik sebanyak 1 ton/ha.
4. Benih	Berlabel (30%) beli di kios dan milik sendiri (70%)	Berlabel dari Balitkabi
5. Kebutuhan benih	50 kg/ha	40 kg/ha
6. Sistem tanam	25 x 20 cm	Tugal, kedalaman 2-3 cm;
7. Jumlah	1 – 3 tanaman/lubang	lubang
8. Pemupukan anorganik	Pupuk ke-1= NPK Phonska 100 kg/ha Pupuk ke-2= NPK Phonska 50 kg/ha	→ NPK Phonska = 300 kg/ha; ZA = 50 kg/ha → Urea sesuai BWDP dan K sesuai PUTS
9. Pengairan	Pengairan secara teknis	Pengairan secara teknis,
10.OPT	Penyemprotan dengan Decis sebanyak 2 ℓ /ha dan Spontan 1 ℓ / ha/musim	Sesuai dengan PHT Pengamatan dilakukan secara rutin.
11. Sumber air	Irigasi teknis	Irigasi teknis
12. Panen	Tebas (sesuai kebutuhan dan kondisi tanaman) Panen sendiri	Ubinan (2,5 m x 2,5 m); Panen dilakukan bila 95% polong telah menguning.
13. Produksi	1,20 – 1,52 ton/ha	1,6 – 1,95 ton/ha
14. Pola tanam	Padi - kedelai - padi	Padi - kedelai - padi
15. Nama Kelompok Tani; Pertemuan kelompok	Dewi Sri; Satu kali dalam satu bulan	Dewi Sri; Satu kali dalam satu bulan

*)Sumber: Krismawati (2011)

c. Kegiatan Pendampingan SL-PTT Padi Dalam Gambar

Kegiatan pendampingan SL-PTT padi di Desa Tiron, Kecamatan Madiun, Kabupaten Madiun disajikan pada Gambar 11.1 sampai 11.5.



Gambar 11.1 Sosialisasi pelaksanaan demfarm pelaksanaan KKP



Gambar 11.2 Kondisi pesemaian pada VUB Inpari 13 di demfarm, Desa Tiron, Kab. Madiun



Gambar 11.3 Saat tanam padi di demfarm



Gambar 11.4 Kondisi tanaman padi VUB Inpari 4 di Demfarm padi



Gambar 11.5 Panen raya oleh Bupati Kabupaten Madiun, Kepala Dinas Pertanian Provinsi Jatim, dan Kepala BPTP Jatim

d. Hasil SL-PTT Padi dan Kedelai

Pada Tabel 11.3 disajikan respon petani terhadap penampilan Padi Varietas Unggul Baru (VUB) yang diubin dan hasil GKP (Gabah Kering Panen).

Tabel 11.3 Data Keragaan Tanaman Demfarm Varietas Unggul Padi VUB Padi dan Uji Varietas, Madiun, 2011

No Varietas	Tinggi tanaman (cm)	Anakan Pro- duktif	Berat ubinan (2,5m x 2,5m) (kg)	Konversi ton/ha GKP	Respon petani
1 Inpari 4	107,42	17,47	5,988	9,581	Petani suka, produksi tinggi, pertumbuhan tinggi, anakan banyak, tahan hama WBC
2 Inpari 7	110,25	19,38	6,375	10,200	Petani suka, produksi tinggi, pertumbuhan tinggi, anakan banyak, tahan hama WBC
3 Inpari 1	95,76	14,65	4,019	6,430	Petani suka, tetapi pertumbuhan kurang bagus
4 Inpari 5	105,75	10,14	3,578	5,725	Petani suka, pertumbuhannya tinggi, tapi produksi rendah
5 Inpari 6	109,57	10,16	3,429	5,487	Petani kurang suka, pertumbuhan kurang bagus, produksi rendah
6 Inpari 10	106,43	13,24	4,640	7,424	Petani suka, jumlah anakan banyak, produksi tinggi
7 Inpari 13	107,12	13,25	4,703	7,525	Petani suka, jumlah anakan banyak, tahan terhadap hama WBC

*)Sumber: Krismawati (2011)

Berdasarkan hasil PTT padi tersebut maka produktivitas padi mampu menghasilkan padi 1 – 2 ton lebih tinggi dibandingkan budidaya konvensional dan keuntungan bersih setiap hektar mencapai Rp. 1.000.000,- sampai dengan Rp. 2.500.000,- per musim, sedangkan penggunaan produksi seperti benih dan pupuk dapat dihemat sekitar 20 – 40%.

Dampak SL-PTT padi terlihat dari peningkatan produktivitas padi di Kabupaten Madiun tahun 2012. Selama bulan Januari sampai dengan Agustus 2012, produksi GKG 534.902 ton sudah melampaui target Pemerintah Daerah sebesar 483.914 ton. Surplus beras dapat memperkuat ketahanan pangan Jawa Timur. Lebih lanjut penanaman padi varietas Inpari Sidenuk seluas 50 ha di Desa Klithik, Kecamatan Wonoasri, rata-rata produktivitas mencapai 11,7 ton GKP/ha dibandingkan rata-rata produktivitas Kabupaten Madiun 6,4 ton GKP/ha (Kompas, 29 Oktober 2012 halaman 22).

Tabel 11.4 Data Keragaan Tanaman Demfarm Varietas Unggul Kedelai dan Uji Varietas, Madiun, 2011

No	Varietas	Tinggi tanaman (cm)	Bobot polong 100 biji (gram)	Berat ubinan (2,5m x 2,5m)(kg)	Kon-versi ton/ha	Respon petani
1	Argomulyo	75,23	13,50	1,219	1,95	Petani suka, ukuran biji besar, berumur genjah
2	Burangrang	73,30	13,10	1,137	1,82	Petani suka, ukuran biji besar, berumur genjah
3	Anjasmoro	70,10	12,60	1,05	1,68	Petani suka, ukuran biji besar, berumur genjah
4.	Kaba	65,80	12,43	1,00	1,60	Petani suka, ukuran biji besar, berumur genjah
5.	Grobogan	72,15	12,75	1,075	1,72	Petani suka, ukuran biji besar, berumur genjah
6.	Wilis *	60,24	10,54	0,75	1,20	Petani kurang suka, ukuran biji kecil, berumur sedang

Keterangan: * Varietas kedelai Non Demfarm

Sumber: Krismawati (2011)

Pada Tabel 11.4. disajikan respon petani terhadap Varietas unggul Baru Kedelai yang ditanam di Demfarm VUB Kedelai.

Produktivitas kedelai yang dicapai pada SL-PTT masih belum optimal, karena dalam tahun 2011 ini terjadi kekeringan. Namun demikian, sudah melampaui produktivitas nasional sekitar 1,16 ton/ha (Kompas, 16 Agustus 2012, halaman 18). Jawa Timur adalah penyumbang terbesar produksi kedelai, bahkan lebih dari 50%. Kebutuhan kedelai nasional sekitar 2,5 juta ton, sedangkan produksi nasional hanya 60.000 – 800.000 ton/tahun. Sasaran produksi kedelai Jawa Timur untuk tahun 2012 sebesar 557.800 ton dengan areal seluas 367.708 ha dengan tingkat produktivitas 1,50 ton/ha.

11.2 Model Kawasan Rumah Pangan Lestari

Perkembangan penduduk yang pesat perlu diimbangi dengan ketersediaan pangan yang cukup pula, karena itu pemerintah khususnya Kementerian Pertanian (Kementan) membuat program meningkatkan produksi lima komoditas pangan strategis yang meliputi beras, jagung, kedelai, gula dan daging sapi agar dapat mewujudkan ketahanan pangan. Terdapat dua definisi ketahanan pangan yaitu:

- (1) Ketahanan pangan adalah kondisi dimana setiap orang, dari waktu ke waktu mempunyai kemampuan secara fisik dan ekonomi untuk memenuhi kebutuhan sehari-harinya akan makanan bergizi dan memiliki preferensi pemilihan makanan yang sehat (FAO *dalam* Darwanto, 2006), dan
- (2) Sedangkan menurut UU No. 7 Tahun 1996 ketahanan pangan adalah kondisi terpenuhinya pangan bagi rumah tangga yang tercermin dari ketersediaannya pangan yang cukup, merata dan terjangkau (Sawit, 2006). Ketahanan pangan dapat direalisasi bila Indonesia dapat swa sembada pangan. Bila kedua program dapat diwujudkan barulah Indonesia dapat berdaulat dalam bidang pangan atau mempunyai kedaulatan pangan. Menurut Dillon (2014), soal kedaulatan pangan, Indonesia harus mempunyai kemampuan untuk memenuhi kebutuhan pangan dengan

segala alat atau kebijakan yang dimiliki bangsa dalam kondisi apapun.

Program kemandirian, ketahanan dan kedaulatan pangan tidak mudah untuk direalisasikan karena banyaknya hambatan, baik teknis maupun non teknis. Faktor teknis yang menjadi hambatan utama antara lain:

- (1) Adanya penyusutan lahan pertanian, terutama lahan subur karena alih fungsi menjadi lahan perumahan, perkantoran dan perindustrian,
- (2) Anomali iklim, terutama El-Nino, dan
- (3) Semakin sulitnya mencari tenaga kerja di bidang pertanian, banyak yang migrasi ke perkotaan bekerja di sektor non pertanian atau menjadi TKI ke luar negeri dan
- (4) Gangguan organisme pengganggu tanaman terutama hama dan penyakit.

Dalam rangka merealisasi kemandirian, ketahanan dan kedaulatan pangan pemerintah telah membuat berbagai program di bidang pangan antara lain dengan menerapkan model Kawasan Rumah Pangan Lestari (M-KRPL). Model Kawasan Rumah Pangan Lestari (M-KRPL) adalah salah satu inovasi Badan Litbang Pertanian yang dapat diterapkan dengan melibatkan keluarga sebagai anggota masyarakat, melalui optimalisasi pemanfaatan lahan pekarangan. M-KRPL merupakan konsep model rumah pangan yang dibangun dalam suatu kawasan (rukun tetangga (RT), rukun warga (RW)/dusun, desa, atau kecamatan) dengan prinsip mewujudkan kemandirian pangan keluarga melalui pemanfaatan pekarangan, agar dapat melakukan upaya diversifikasi pangan berbasis sumber daya lokal, sekaligus konservasi tanaman pangan untuk masa depan, serta tercapai pula upaya peningkatan kesejahteraan keluarga dan masyarakat pada umumnya (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2011).

Model Kawasan Rumah Pangan Lestari (M-KRPL) didefinisikan sebagai kawasan di mana setiap unit rumah tangga memanfaatkan

pekarangan secara intensif melalui pengelolaan sumberdaya alam lokal secara bijaksana, menjamin kesinambungan persediaannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas, nilai dan keanekaragamannya. Konsep tersebut lebih mengarah bagaimana mengoptimalkan pemanfaatan pekarangan antara lain untuk lebih berdaya guna, walaupun di beberapa wilayah hal tersebut sudah dilakukan. Sasaran yang ingin dicapai dari program KRPL adalah berkembangnya kemampuan keluarga dan masyarakat secara ekonomi dan sosial dalam memenuhi kebutuhan pangan dan gizi secara lestari, menuju keluarga dan masyarakat yang sejahtera serta terwujudnya diversifikasi (Purwantini *et al.*, 2012). Lebih lanjut dikemukakan bahwa salah satu justifikasi penting dari program M-KRPL adalah bahwa ketahanan pangan nasional harus dimulai dari ketahanan pangan di tingkat rumah tangga. Dalam masyarakat perdesaan, pemanfaatan lahan pekarangan untuk ditanami tanaman untuk memenuhi kebutuhan keluarga sudah berlangsung dalam waktu yang lama dan masih berkembang hingga sekarang. Hingga kini pemanfaatan lahan pekarangan di sebagian besar wilayah Indonesia masih bersifat sambilan, untuk mengisi waktu luang dan ditujukan untuk pemenuhan kebutuhan pangan rumah tangga. Pemanfaatan lahan pekarangan untuk tanaman pangan, tanaman sayuran, tanaman buah, tanaman biofarmaka, serta ternak dan ikan, selain dapat memenuhi kebutuhan pangan dan gizi rumah tangga, juga berpeluang untuk meningkatkan penghasilan rumah tangga, apabila dirancang dan direncanakan dengan baik. Pemanfaatan lahan pekarangan dirancang untuk meningkatkan konsumsi aneka ragam sumber pangan lokal dengan prinsip bergizi, berimbang, dan beragam, sehingga berdampak menurunkan konsumsi beras. Sementara itu, pemanfaatan lahan pekarangan untuk komoditas pertanian bernilai ekonomi tinggi berpeluang meningkatkan pendapatan rumah tangga di perdesaan.

Kegiatan M-KRPL bertujuan

- (1) Memenuhi kebutuhan pangan dan gizi keluarga dan masyarakat melalui optimalisasi pemanfaatan pekarangan,
- (2) Meningkatkan kemampuan keluarga dan masyarakat dalam pemanfaatan pekarangan untuk budidaya tanaman pangan, buah,

- sayuran dan tanaman obat, pemeliharaan ternak dan ikan serta diversifikasi pangan,
- (3) Mengembangkan sumber benih/bibit untuk menjaga keberlanjutan pemanfaatan pekarangan dan melakukan pelestarian tanaman pangan lokal untuk masa depan,
 - (4) Mengembangkan kegiatan ekonomi produktif keluarga sehingga mampu meningkatkan kesejahteraan keluarga dan menciptakan lingkungan hijau yang bersih, sehat dan mandiri (Adil, 2009; Subagiyo *et al.*, 2013).

Sasaran pola penataan pekarangan melalui penerapan budidaya berbagai komoditas tersebut diharapkan dapat meningkatkan nilai Pola Pangan Harapan (PPH). Selain itu, nilai ekonomi juga dapat diciptakan atau ditingkatkan melalui pengembangan kawasan, sebagai himpunan dari beberapa (20 – 30 KK) yang menerapkan prinsip Rumah Pangan Lestari (RPL). Oleh karena penerapan KRPL ini lebih banyak menyentuh peran perempuan atau ibu rumah tangga dalam pengelolaannya, maka program ini diharapkan relatif mudah dan cepat disebarluaskan.

Ditengah sejumlah kesulitan pemerintah dalam mewujudkan ketahanan pangan nasional, baru-baru ini FAO berkeinginan mengadopsi program MKRPL yang dilaksanakan di Indonesia. MKRPL ini mirip dengan model tanaman obat keluarga (TOGA) pada zaman orde baru. Bila pada TOGA yang dikembangkan di pekarangan adalah tanaman obat-obatan (biofarmaka), maka di MKRPL yang dikembangkan tanaman pangan, sayuran, buah-buahan biofarmaka, ternak dan ikan. Tujuannya membuat konsumsi pangan masyarakat lebih berimbang dan menekan pengeluaran untuk kebutuhan makanan harian antara Rp. 200.000,- sampai Rp. 800.000,- per bulan. KRPL tidak hanya untuk warga pemilik pekarangan di desa, tetapi juga untuk di kota dengan pola tanam vertikal (Prabowo, 2012). Untuk mewujudkan adanya KRPL, maka Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Timur melaksanakan Model Kawasan Rumah Pangan Lestari (MKRPL) di Desa Palur, Kecamatan Kebonsari, Kabupaten Madiun mulai bulan Januari sampai dengan Desember 2012.

11.2.1 Pelaksanaan MKRPL di Desa Palur, Kebonsari, Madiun

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Timur telah melaksanakan MKRPL di Desa Palur, Kecamatan Kebonsari, Kabupaten Madiun mulai bulan Januari sampai dengan Desember 2012 (Krismawati, 2012; Krismawati, 2014).

Tahapan pelaksanaan secara garis besar sebagai berikut:

- Pembentukan tim pelaksana yang terdiri atas unsur-unsur masyarakat, pemerintah daerah (Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura), kantor ketahanan pangan dan penyuluhan, BPTP Jawa Timur sebagai pendamping, Perguruan Tinggi, Swasta, LSM, dan pengembang perumahan.
- Melakukan studi pendahuluan dengan metode rapid rural appraisal (RRA) atau pengenalan pedesaan dalam waktu singkat (PPWS) untuk menjaring informasi tentang biofisik sosial ekonomi daerah penelitian / desa penelitian.
- Pembentukan kelompok yang terdiri atas 25 – 30 rumah tangga (RT) dalam satu rukun warga (RW). Pembentukan kelompok berlangsung secara partisipatif yang melibatkan warga, tokoh masyarakat dan perangkat desa.
- Sosialisasi program.
- Perencanaan kegiatan.
- Pelatihan.
- Pelaksanaan.
- Monitoring dan evaluasi.
- Pembentukan kebun bibit desa (KBD).

11.2.2 Beberapa hasil MKRPL

- Meningkatnya jumlah Rumah Tangga yang melaksanakan MKRPL dari 41 Rumah Tangga (Maret 2012) menjadi 90 Rumah Tangga (Desember 2012)
- Meningkatnya skor Pola Pangan Harapan (PPH) yakni untuk melihat kualitas atau keragaman pangan yang dikonsumsi. Skor

PPH awal kegiatan M-KRPL yakni 82,1 (Maret 2012) menjadi 86,5 (Desember 2012).

- Komoditas sayuran yang digemari adalah cabai merah, cabai rawit, tomat, sawi, terung, kangkung dan jeruk nipis, tanaman toga (empon-empon) adalah kunyit dan jahe, tanaman buah adalah jeruk nambangan, pepaya, dan rambutan, jenis ternak ayam dan itik, jenis ikan adalah nila dan lele, jenis umbi-umbian adalah ketela pohon dan ubi jalar. Tanaman yang digunakan untuk penghijauan adalah jeruk nambangan, rambutan dan pepaya.
- Penghematan pengeluaran belanja pangan dapat dilakukan oleh rumah tangga berkisar antara Rp. 65.000,- sampai dengan R. 200.000,- per bulan.

Berbagai kegiatan MKRPL di Kabupaten Madiun disajikan pada Gambar 11.6 sampai 11.14 dan di Kota Surabaya disajikan pada Gambar 11.15.



Gambar 11.6 Sosialisasi Pelaksanaan M-KRPL di Kabupaten Madiun



Gambar 11.7 Pembuatan media tanam *baby bag*



Gambar 11.8 Kegiatan di Kebun Bibit Desa (KBD)



Gambar 11.9 Pelatihan Budidaya Sayur Secara Vertikal dengan Paralon



Gambar 11.10 Budidaya sayur dalam *polybag* untuk lahan pekarangan strata 1 dan 2



Gambar 11.11 Penataan lahan pekarangan strata 2 dan 3



Gambar 11.12 Pelatihan aneka olahan sayuran dan pembuatan krupuk bayam, tomat, terong dan pepaya



Gambar 11.13 Pembuatan kolam dari terpal plastik dan sumur/bis beton



Gambar 11.14 Pembuatan kolam dari terpal dan semen untuk pemeliharaan ikan lele yang ditata dalam lahan pekarangan strata 2 dan 3



Gambar 11.15 Walikota Surabaya memanen tomat Kelompok Tani di Kelurahan Made (9/2/2014)

Model-model KRPL ini sekarang sudah mulai diterapkan oleh beberapa Pemerintah Kota seperti di Kediri, Pacitan, Malang, dan Surabaya. Pemkot Surabaya sejak tahun 2009, berhasil menerapkan konsep bertani di perkotaan (*urban farming*) dengan memaksimalkan lahan yang tersisa dan juga pekarangan. Hasil-hasil pertanian seperti tomat, sawi, cabai, pare dan melon sudah dipasarkan dengan baik untuk keperluan lokal maupun dijual ke luar daerah. Melon dijual ke Tarakan dan cabai ke Tangerang. Pada Gambar 11.15 terlihat Walikota Surabaya ikut memanen hasil pertanian model Kawasan Rumah Pangan Lestari (KRPL) (Surya, 12 Februari 2014 halaman 9).

Masalah yang sering dihadapi baik PTT maupun MKRPL adalah masalah klasik yaitu kegiatan berlangsung bila ada bantuan dana dan pendampingan oleh pejabat terkait. Karena itu perlu meningkatkan kesadaran masyarakat dan kontinuitas kegiatan dari pihak terkait.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulrachman, S., M.D. Mejaya,., N. Agustiani, I. Gunawan, P. Sasmita, dan A. Guswara. 2015. Sistem Tanam Legowo. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementrian Pertanian. Jakarta. 24 hlm.
- Adil, R. P. 2009. Strategi Komunikasi Membangun Kemandirian Pangan. Jurnal Litbang Pertanian, 28(2) : 39 – 45.
- Adisarwanto, T. 2005. Kedelai. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Akinyemi, O.M. 2007. *Agricultural Production Organic and Conventional Systems*. Science Publisher. Enfield, New Hampshire 03748. USA.
- Andrews, D.J. and A.H. Kassam. 1977. *The Importance of Multiple Cropping in Increasing Wored Food Supplies*. In Multiple Cropping. American Society of Agronomy. Wisconsin, USA.
- Anonim, 1998. Mekanisasi Pertanian Untuk Menuju Pertanian Modern dalam Inovasi Teknologi Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- _____. 1998. Mekanisasi Pertanian Untuk Menuju Pertanian Modern Dalam Inovasi Teknologi Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- _____. 2012. Bersatu Perkuat Pertahanan Pangan. Tempo, 15-21 Oktober, hlm. 52.
- _____. 1996. Sari Hasil Penelitian Balali Penelitian Tanaman Pangan Malang Tahun 1985-1989. Balittas. Malang.
- _____. 2003. Memasyarakatkan Pertanian Organik Sebagai Jembatan Menuju Pembangunan Pertanian Berkelanjutan. Dalam Prosiding Lokakarya Nasional Pertanian Organik. Universitas Brawijaya, Malang.

- _____. 2004a. Sistem Integrasi Tanaman-Ternak. Kerjasama Badan Litbang Pertanian-BPTP Bali.
- _____. 2004b. Integrasi Tanaman-Ternak Untuk Membangun Sistem Pertanian Organik. BPTP Yogyakarta.
- _____. 2012. Gulma Penular Tungro. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 34 (2) : 11-12.
- _____. Tanpa Tahun. Hama dan Penyakit Tanaman. Deteksi Dini dan Penanggulangannya. Vol. 09. PT. Trubus Swadaya. Cimanggis, Depok.
- Anonymous. 1977. China : Recycling of Organic Wastes in Agriculture. FAO Soils Bulletin No. 40. Rome.
- _____. 1980. *China : Multiple Cropping and Related Crop Production Technology*. FAO of The United Nations. Rome.
- Arnon, I. 1972. *Crop Production In Dry Regions*. Vol. I : Background and Principles. Leonard Hill. London.
- Atriani, M. 2013. Rekonstruksi Pola Pangan Masyarakat dalam Upaya Percepatan Diversifikasi Pangan Mendukung MP3EI. Badan Litbang Pertanian. Kementan. Jakarta.
- Azam-Ali and G.R. Squire. 2002. *Principles of Tropical Agronomy* CABI Publishing. Oxon, UK.
- Badan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur. 2012. Petunjuk Pelaksanaan Pengembangan Model Kawasan Rumah Pangan Lestari (Rumah Hijau Plus-Plus). BKP Provinsi Jawa Timur.
- Baharsjah, S. 2014. Saatnya mengubah Konsep Revolusi Hijau Ke Ekonomi Biru. *Majalah Hortus* Vol. 17/Pebruari 2014.
- Balai Penelitian Padi. 2002. Refleksi Penelitian Padi. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2011. Panduan Umum Model Kawasan Rumah Pangan Lestari. Jakarta.

- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Utara. 1999. Bagan Warna Daun: Teknologi Hemat Pupuk Nitrogen (Urea) Untuk Padi Sawah. *Agronomika* 1(2) : Lembaran Informasi Pertanian. Agdex: 113/26.
- Baon, J.K. dan S. Abdoellah. 2010. Kesesuaian Lahan Kakao. *Dalam* Buku Pintar Budidaya Kakao. Agro Media Pustaka. Jakarta.
- Basuki, T., S. Hadiyani dan Suhadi. 2004. Keragaman Usahatani Pada Berbagai Pola Tumpangsari Kapas + Palawija Di Daerah Pengembangan Kapas Kabupaten Brebes. *Dalam*: Prosiding Lokakarya Pengembangan Kapas Dalam Rangka Otda. Puslitbangbun. Bogor.
- Berger, J. 1969. *The Wored's Major Fibre Crops, Their Cultivation and Manuring*. Cente D'etude De L'azotelo Zurich.
- Beti, Y.A., A. Ispandi dan Sudaryono. 1990. Sorghum. Balittas. Malang.
- Biro Pusat Statistik. 2010. Sensus Penduduk Indonesia. BPS. Jakarta.
- Budianto, J. 2003. Menyongsong Manajemen Korporasi Litbang Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Casico, W.C. 1985. *Organic Fertilizers : Their Nature, Properties and Use*. UPLB.
- Chang, J.H. 1968. *Climate And Agriculture An Ecological Survey*. Aldine Publishing Company. Chicago.
- Cholid, M., S. Mulyaningsih, Enderwati, Darmono dan Subandi. 2000. Gulma Tanaman Kapas dan Pengendaliannya, *dalam* Organisme Pengganggu Tanaman Kapas dan Musuh Alami Serangga Hama Kapas (Eds. Subyakto dan Nurindah). Balittas Malang. Hlm. 26 – 36.
- Cottenie, A. 1980. Soil and Plant Testing as a Basis of Fertilizer Recommendation. Soil Bull. No. 382/2. FAO, Rome.
- Dillon, H.S. 2014. Kedaulatan Pangan Harus Jadi Perhatian. Kompas, 15 Oktober 2014, hlm. 19.

- Djaenuddin, D. Basuni, S. Hardjowigeno, H. Subagyo, M. Sukardi, dan lainnya. 1994. Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Pertanian dan Tanaman Kehutanan. Laporan Teknis No. 7. CFSAR. Bogor.
- Djajadiningrat, S.T., Y. Hendriani dan M. Famiola. 2011. Ekonomi Hijau. Rekayasa Sams. Bandung.
- _____, S.T., Y. Hendriani dan M. Famiola. 2014. Green Economy. Edisi Revisi. Rekayasa Sams. Bandung.
- Doorenbas, J., A.H. Kassam and The Others. 1979. Yield Response to Water. FAO, Rome.
- Echols, J.M. dan H. Shadily. 1987. Kamus Inggris Indonesia. PT. Gramedia, Jakarta.
- Fagi, A.M., C.P. Mamaril dan M. Syam. 2009. Revolusi Hijau. Peran dan Dinamika Lembaga Riset. Balai Besar Penelitian Padi – IRRI.
- Fitriningdyah, T.K. dan P.D. Riajaya. 2009. Respon Varietas Kapas Kenesia 8 dan 9 Terhadap Pemupukan Dalam Sistem Tumpangsari Dengan Jagung Di Lahan Kering. *Agrivita* 31 (1) : 57 – 66.
- Food And Agriculture Organization. 1977. *China : Recycling of Organic Wastes in Agriculture*. FAO Bulletin No. 40. Rome.
- Frans, A. 2008. Pengalaman PT. Indocement Mengembangkan *Jatropha curcas* L. *Dalam* Lokakarya Nasional IV. Akselerasi Inovasi Teknologi Jarak Pagar Menuju Kemandirian Energi. Balittas Malang.
- Glendinning, J.S. 1986. *Fertilizer Handbook*. Australian Fertilizers Limited, North Sidney, Australia.
- Goenadi, D.H, R. Saraswati, Y. Away dan Herman. 1998. Produk Biofertilizer Untuk Efisiensi Penggunaan Pupuk Dalam Budidaya Tanaman Yang Aman Lingkungan. *Dalam* Inovasi Teknologi Pertanian Buku II. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.

- Goor, G.A.W. van de. 1952. *Agronomic Research On Maize In Indonesia*. Pemberitaan Balai Besar Penyelidikan Pertanian. Bogor.
- Gunadi, B. 2001. Bt 100 Tahun : Tetap Kontroversi. Kompas, 12 Agustus 2001, hlm. 22.
- Gunarto, L., S. Ismunandar dan T.S. Dharmaputra. 1979. Kemungkinan Penggunaan Analisis Tanaman Untuk Menduga Kebutuhan Pupuk Nitrogen dan Produksi Tanaman Jagung. *Agrivita* 2(4) : 51 – 70.
- Gupta. P.K. 1999. *Hand Book of Soil, Fertilizer and Manure*. Agro Botanice. New Delhi. India.
- Hadidarwanto, D. 2006. Persoalan Ketahanan Pangan Dunia. *Dalam Kebijakan dan Pengembangan Kelembagaan Pangan Dalam Menunjang Ketahanan Pangan Nasional*. Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta.
- Hakim, N., M.Y. Nyakpa, A.M. Lubis, S.G. Nugroho, M.R. Saul, M.A. Diha, Go Ban Hong dan Bailey. 1986. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung.
- Handoko, 1995. *Klimatologi Dasar*. PT. Dunia Pustaka Jaya. Jakarta.
- Hardjowigeno, S. 2003. *Ilmu Tanah*. Edisi Baru. CV. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hariyono, B., A. Sastrosupadi, Djumadi, N. Sudiby, B. Santoso dan S. Mulyaningsih. 1998. *Penelitian Bentuk Nitrogen Pada Berbagai Jaringan Tanaman Kenaf Dan Waktu Pengambilan Contoh*. Balittas. Malang.
- Harpstead, M.I. and F.D. Hole. 1980. *Soil Science Simplified*. Iowa State Univ. Press Iowa, U.S.A.
- Harsono, A. Dan A.A. Rahmianna. 1991. *Pengendalian Gulma Pada Berbagai Populasi Kacang Tanah Di Lahan Kering Risalah Hasil Penelitian Kacang Tanah Di Tuban Tahun 1991*. Balittas, Malang.

- Ismangun, Marsudi Ds, M. Suharta, L. Hakim, Widagdo, J. Dai, V. Suwandi, S. Bachri dan E.R. Jordens. 1994. Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Petanaian Dan Tanaman Kehutanan (*Land Suitability for Agricultural and Silvicultural Plants*). Centre For Soil and Agroclimate Research, Bogor.
- Jumin, H.B. 2005. Dasar-Dasar Agronomi (Edisi Revisi). PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Kabirun, S. 1994. Mikrobiologi Tanah. Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta.
- Kadarwati, F.T. 2002. Tanah Untuk Tanaman Kapas Serta Pengelolaannya. Monograf Balittas No. 7. Balittas. Malang.
- Kadarwati, F.T. 2013. Teknologi Budidaya Kapas. Dalam Peningkatan Produktivitas Dan Pendapatan Petani Kapas. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- _____. F.T., M. Yusron dan M. Machfud. 1994. Pemupukan N Pada Kapas Beririgasi Berdasarkan Analisis Tanah Dan Jaringan Tanaman. Penelitian Tanaman Tembakau Dan Serat 9 (2) : 122 – 131.
- Kanang. 2016. Kajian Biodiversitas Cacing Tanah Pada Berbagai Pola Agroforestri. Skripsi Fakultas Pertanian, Unitri, Malang
- Kasijadi, F., Suwono, Z. Arifin dan S. Purnomo. 2012. Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) Padi. BPTP Jawa Timur.
- Kennedy, J.E. 2009. Era Bisnis Ramah Lingkungan. PT. Bhuana Ilmu Populer. Jakarta.
- Khudori. 2008. Ironi Negeri Beras. Insist Press. Yogyakarta.
- Kompas, 16 Agustus 2012. Pengembangan Kedelai Di Jawa Timur, hlm. 18.
- _____, 29 Oktober 2012. Jawa Timur Surplus Beras, hlm. 12.
- _____, 29 Oktober 2012. Produksi Beras Terus Berkurang, hlm. 12.

- _____, 29 September 2012. Kawasan Rumah Pangan Lestari, hlm. 18.
- _____, 30 Agustus 2012, Perspektif Swasembada Pangan Pemerintah Daerah Sampit, hlm. 17.
- _____. 2012. Produksi Beras Tenis Berkarang. Kompas, 29 Oktober 2012.
- _____. 29 Oktober, 2012. Produksi Beras Terus Berkurang, hlm. 12.
- Krismawati, A. 2011. Laporan Akhir Pendampingan Sekolah Lapang Pengelolaan Tanaman Terpadu (SL-PTT) Padi dan Kedelai di Kabupaten Madiun. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Timur 35 Hlm.
- Krismawati, A. 2012. Laporan Akhir Pendampingan Model Kawasan Rumah Pangan Lestari (M-KRPL) di Kabupaten Madiun. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Timur. 39 Hlm.
- _____, A. 2014. Pengembangan Model Kawasan Rumah Pangan Lestari (M-KRPL) di Kabupaten Madiun. Warta Plasma Nutfah Indonesia. Nomor 26 Tahun 2014. Hal 17 – 18.
- Kriswantiyono, A., U.D. Tanjung, M. Firdaus, Y.L. Purnamadewi dan M. Widiastuty. 2010. Manfaat Ekonomi Pengembangan Jagung Transgenik. IPB-Monsanto. CAREIPB.
- Las, I. 2003. Padi Varietas Unggul Tipe Baru. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Las, I., B. Suprihatno, A.A. Daradjad, Suwarno, B. Abdullah dan Satoto. 2004. Inovasi Teknologi Varietas Unggul Padi. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Lee, N. 2013. Strategis Sapi – Sawit BUMN. Agrofarm Edisi 32, Tahun II, Maret 2013.
- Lesmana, S. 2013. Dari Indonesia Menuju Dunia : Majalah Sains Indonesia. Edisi 18, Juni 2013.

- _____, S. 2016. BPTP Jakarta Gelar Pelatihan Untuk KRPL. *Majalah Sains Indonesia*. Vol. 52. April 2016
- Loka Penelitian Tanaman Sela Perkebunan. 2004. Analisis Komparatif Usahatani Kelapa + Kopi Dengan Dua Teknik Pengolahan Tanah. Badan Litbang Pertanian. Kementan. Jakarta.
- Lokollo, E.M. 2013. Biodiversiti Pertanian, Bioteknologi dan Ketahanan Pangan. Badan Litbang Pertanian. Kementan. Jakarta.
- Mandal, R.C. 1990. *Weed, Weedicides and Weed Control-Principle and Practice*. Agro Botanical Publisher (India). Bikaner, pp. 263.
- Mauney, J.R. 1986. Vegetative Growth and Development of Fruiting Sites. The Cotton Foundation Publisher. Memphis, Tennessee. U.S.A.
- McMahong, J. and A.Low. 1972. Growing Degree Days as a Measure of Temperature Effects on Cotton, *Cott. Gr. Rev.*, 49: 39 – 49.
- Misra, R.O. and P.R. Hesse. 1983. *Comparative Analysis of Organic Uanures*. Project Field Document No. 24. FAO/UNDP Regional Project RAS/75/004.
- Mugnisjah, W. Q. Dan A. Setiawan. 1995. Produksi Benih. Bumi Aksara. Jakarta.
- Mujoko, T, I.R. Sastrahidayat dan T. Hadiastono. 2005. Pemanfaatan Achinomyces Antagonis Sebagai Pengendali Hayati Fusarium Oxysporum f. sp. lycopersici Pada Tanaman Tomat. *Agrivita* 27 (1) : 41 – 56.
- Mulyaningsih, S., B. Haryono dan Djumali. 2008. Pengaruh Sistem Tanaman Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*) Pada Tahun Ketiga *Dalam Lokakarya Nasional IV. Akselerasi Inovasi Teknologi Jarak Pagar Menuju Kemandirian Energi*. Balittas Malang.
- _____, S., M. Cholid dan Enderwati. 2002. Pengelolaan Gulma Di Pertanaman Kapas. Buku 2. Monograf Balittas No. 7.

- Nelson. 2001. Menyikapi Teka-Teki Transgenik. Prima No. 06 Th III, Juli 2001. Jakarta.
- Nuryadi. 1978. Istilah, Definisi dan Pengertian Tumpang Cjilir. LPPP, Bogor.
- Ochse, J.J., M.J. Soule, Jr, M.J. Dijkman and C. Wehlburg. 1961. Tropical and Subtropical Agriculture. The MacMillan Company. New York.
- Palaniappan, S.P. 1988. *Cropping Systems in The Tropics : Principle and Management*. Wiley Eastern Limited, New Delhi and Tamil Nadu Agric. University, Coimbatore.
- Prabowo, H.E. 2012. Rumah Pangan Lestari. Kompas, 20 September 2012, hlm. 17.
- Prawoto, A.A. dan S. Winarsih. 2010. Mengenal Tanaman Kakao. Dalam Buku Pintar Budi Daya Kakao. Agro Media Pustaka. Jakarta.
- Purwanti, T. B. Saptono dan S. Suharyono. 2012. Program Kawasan Rumah Pangan Lestari (KRPL) Di Kabupaten Pacitan : Analisis Dampak dan Antisipasi Ke Depan J. Analisis Kebijakan Pertanian 10 (2) : 239 – 256.
- Pusat Penelitian Tanah Dan Agroklimat. 1996. Teknologi Pemupukan Lahan Kering. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Rao, N. 2003. *Economic Efficiency and Farm Mechanisation* : New Delhi, Serials Pub, ISBN 81-86771-25-5.
- Reijntjes, C., B. Haverkort and A.W. Bayer. 1992. Farming for The Future. An Introduction to Low-External-Input and Sustainable Agriculture. The Mc Millan Press Ltd. London.
- Riajaya, P.D. 1990. Penentuan Waktu Tanam Kapas Di Indonesia. Balittas. Malang.
- _____. 2002. Kajian Iklim Padi Tnaman Kapas. Monograf Balittas No. 7. Buku 2. Balittas. Malang.

- Rissler, J. And M. Mellon. 1996. *The Ecological Risk of Engineered Crops The Mit Press Cambridge*. London. England.
- Rochayah, S., I.G. M. Subiksa, K. Subagyono, A.G.B. Siswanto dan J.S. Adiningsih. 1998. Pengelolaan Hara Untuk Menghadapi Tantangan Peningkatan Produksi Tanaman Pangan Di Masa Datang. Dalam Inovasi Teknologi Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Sadjad, S. 1993a. Kamus Pertanian. PT. Gramedia Widiasarana, Jakarta.
- Sadjad, S. 1993b. Dari Benih Kepada Benih. PT. Gramedia Widiasarana, Jakarta.
- Sahid, M., F.T. Kadarwati, P.D. Riajayadan Hur Heru. 2001. Kesesuaian Lahan Kapas Di Jawa Timur. Balittas, Malang.
- Saragih, B. 2003. Sambutan Menteri Pertanian Pada Pembukaan Rapat Kerja Badan Litbang Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Sarief, E.S. 1985. Kesuburan Dan Pemupukan Tanah Pertanian. Pustaka Buana. Bandung.
- Sarwanto, A. 1993. Pengaruh Pengolahan Tanah Intensif Pada Padi Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Kacang Tanah. Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Tahun 1992. Balittas. Malang Th. 1993.
- Sastrohoetomo, M.A. 1968. Pupuk Buatan Dan Penggunaannya. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Sastrosupadi, A. 1976. Percobaan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kapas. Status Penelitian Kapas. LPTI Cabang Wilayah II. Malang.
- _____. 1988. Pengaruh Bulan Tanam Terhadap Umur Berbunga Rosella dan Kenaf. Balittas, Malang.

- _____. 2015. Percobaan Pemupukan Pada Kenaf. Dalam : Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian. Edisi Revisi. PT. Kanisius. Yogyakarta.
- _____. 1981. Budidaya Kapas. Kursus Komoditi Kapas di Ciawi Bogor Kerjasama BPIPP-Ditjenbun. Jakarta.
- Sawit, M.H. 2006. Evaluasi Kebijakan Ketahanan Pangan Orde Baru, Orde Reformasi dan Era Otoda. *Dalam* Kebijakan dan Pengembangan Kelembagaan Pangan Dalam Menunjang Ketahanan Pangan Nasional. Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta.
- Sebayang, H.T. dan S. Wirawan. 2011. Pertumbuhan Gulma Dan Hasil Kedelai Akibat Pemberian Bahan Organik Serta Cara Pengendalian Gulma. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang Dan Umbi. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Sebrell, W. H. Dan J.J. Haggerty. 1986. Makanan Dan Gizi. PT. Tiva Pustaka. Yogyakarta. (Penerjemah : Ir. Slamet Sudarmadji, M.Sc., Ph.D.
- Setiyowati, L., R.D. Purwati dan T. Yulianti. 2008. Transfer Gen Chitinase dan B. Glucanase Melalui Vektor Agrobacterium Tumefaciens Untuk Meningkatkan Ketahanan Tanaman Jarak Pagar Terhadap Patogen. Prosiding Lokakarya Nasional IV Akselerasi Inovasi Teknologi Jarak Pagar Menuju Kemandirian Energi. Balittas, Malang.
- Sitorus, S.R.P. 1985. Evaluasi Sumberdaya Lahan. Tarsito. Bandung.
- Soenardi. 1996. Budidaya Tanaman Wijen. Monograf Balittas No. 2. Balittas. Malang.
- Soepardi, G. 1987. Dasar-Dasar Pemupukan Berimbang Kerjasama Disbun Propinsi Dati I Jatim – PT. Petrokimia Gresik.
- Soepena, H. 1998. Pemberantasan Jamur Akar Putih Dengan Tricho-

- derma Dalam Inovasi Teknologi Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Soerjani, M., R. Ahmad dan R. Munir. 2008. Lingkungan: Sumberdaya Alam Dan Kependudukan Dalam Pembangunan. UI-Press. Jakarta.
- Soesilo, I. 2013. Menuju Dunia 2030. Majalah Sains Indonesia, Edisi 19, Juli 2013.
- Soewardjiman. 1988. Peranan KNO_3 Dalam Budidaya Tembakau Virginia. Dept. R6D. PT. Djarum, Kudus.
- Sri Adiningsih, J. 1998. Peranan Efisiensi Penggunaan Pupuk Untuk Melestarikan Swasembada Pangan. Dalam : Inovasi Teknologi Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Sri Setijati Harjadi, M.M. 1993. Pengantar Agronomi. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Subaedah, S. 2004. Pengelolaan Tanaman Penutup Tanah Dan Pengendalian Residu Tanaman Untuk Meningkatkan Hasil Tanaman Jagung Di Lahan Kering Sulawesi Selatan. Disertasi Doktor, Program Pascasarjana, UB Malang.
- Subagyo. 1970. Dasar-Dasar Ilmu Tanah 2. PT. Soeroengan. Jakarta.
- _____, Triwidyastuti, dan S. D. Habsari. 2013. Kawasan Rumah Pangan Lestari (KRPL) sebagai Upaya Kemandirian Pangan Keluarga di Kabupaten Gunung Kidul Daerah Istimewa Yogyakarta. Prosiding Seminar Nasional Akselerasi Pembangunan Pertanian Berkelanjutan Menuju Kemandirian Pangan dan Energi. Hal 524 – 533.
- Suharjo, H. M. Soepartini dan U. Kurnia. 1993. Bahan Organik Tanah. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Sumarno dan Harnoto. 1983. Kedelai dan Cara Bercocok Tanamnya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.

- Surya, 12 Pebruari 2014. Kota Surabaya Pertahankan Tradisi Sebagai Penghasil Pertanian, hlm. 9.
- Sutanto, R. 2005. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Kanisius. Yogyakarta.
- Sys, C., Van Ranst, J. Debaveye and F. Beernaert. 1993. Land Evaluation Part III Crop Requirements. Agricultural Publications No. 7 Brussels, Belgium.
- Tohir, K. 1960. Pedoman Bertjotjok Tanam II. Dinas Balai Pustaka Djakarta.
- Tempo, 15-21 Oktober, 2012. Bersatu Perkuat Ketahanan Pangan, hlm. 52.
- Tim Primapena. 2015. Kamus Besar Bahasa Indonesia. Edisi Terbaru. Gita Media Press. Jakarta.
- Tim Redaksi Kamus Besar Indonesia. 2016. Kamus Besar Bahasa Indonesia. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Tirtosuprobo, S. dan S.H. Isdijoso. 1989. Analisis Usahatani Kenaf Tunggal Dan Tumpangsip Jagung Dengan Kenaf Di Lahan Bonorowo, Nganjuk. Penelitian Tanaman Tembakau Dan Serat 4 (2) : 94 – 101.
- Uno, S.S. 2015. Aplikasi Inovasi Belum Optimal. Teknologi Dongkrak Daya Saing. Kompas, 4 Juni 2015, hlm. 18.
- Usman dan Warkoyo. 1993. Iklim Mikro Tanaman. IKIP Malang.
- Venkateswarlu, J. 2003. *Rainfed Agriculture In India*. Indian Council of Agriculture Research. New Delhi. India.
- von Vexkull, H.R., and E. Mutert. 1993. *Principles of Balanced Fertilization*. P. 17 – 31. In Proc. Regional Fadinap Seminar on Fertilization and The Environment, Chiang Mac, Thailand, 7 – 11 September 1992. Economic and Sosial Comision For Asian and The Pacific. United Nations. New York.

- Widayadi, S. 2013. Selamatkan Bumi Dengan Blue Economy. Majalah Sains Indonesia. Edisi 19 Juli 2013.
- Widowati and Asnah. 2014. *Biochar Can Enhance Potassium Fertilization Efficiency and Economic Feasibility of Maize Cultivation*. Journal Agric. Sci. 6 (2) : 24 – 32.
- Widowati. 2012. Pengaruh Biochar Terhadap Pertumbuhan Dan Kebutuhan Pupuk N Pada Jagung. Disertasi Doktor Pasca Sarjana UB.
- Winarto, Y.T., B. Dwisatrio, Syarifah dan M.K. Rahayu. 2013. Sawah Tangguh Di Tangan Petani: Upaya Memulihkan Ekosistem Padi. Badan Litbang Pertanian. Kementan. Jakarta.
- Yunizar, M. Jahari dan Jakoni. 2011. Pengaruh Pengolahan Tanah Dan Bahan Organik Terhadap Produktivitas Kedelai Di Lahan Pasang Surut. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang Dan Umbi Tahun 2011. Badan Litbang Pertanian, Jakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Perhitungan mencari populasi dan hasil maksimal dari hasil percobaan jarak tanam kapas di Purwodadi, Jawa Tengah Tahun 1976.

Tabel 1 pengaruh jarak tanam dan populasi tanaman terhadap hasil kapas berbiji /ha.*

JarakTanam (cm x cm)	Populasi tanaman/ha(P)	Kapas berbiji ton/ha(Y)	Kapas berbiji g/tanaman
80 x 50	25.000	1,40	56,00
80 x 45	27.777	1,46	52,56
80 x 40	31.250	1,60	57,20
80 x 30	41.666	1,85	44,40
80 x 25	50.000	1,76	35,20
80 x 20	62.500	1,15	18,40

*Sastrorupadi, 1976

Tabel yang diperlukan untuk menghitung unsur-unsur matriks regresi seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Unsur-Unsur matriks regresi

	X_1	$X_2 = X_1^2$	Y	X_2^2	$X_1 X_2$	$X_1 Y$	$X_2 Y$
1.	0	0	0	0	0	0	0
2.	1,00	1	1,40	1	1,0	1,40	1,40
3.	1,11	1,2321	1,46	1,51807	1,36763	1,6206	1,79887
4.	1,25	1,5625	1,60	2,44141	1,95313	2,0	2,50
5.	1,67	2,7889	1,85	7,77796	4,65746	3,0895	5,15947
6.	2,00	4	1,76	16,0	8,00	3,52	7,04
7.	2,50	6,25	1,15	39,0625	15,625	2,875	7,1875
Σ	9,53	16,8335	9,22	67,78994	32,60322	14,5051	25,08584
X	1,36	2,40	1,32				

Keterangan: garis regresi di atas pasti melalui titik (0;0) $X=P/25.000$

a. Mencari garis regresi dengan persamaan normal

Persamaan normal :

$$n \cdot b_0 + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 = \sum Y \quad (1)$$

$$b_0 \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2 = \sum X_1 Y \quad (2)$$

$$b_0 \sum X_2 + b_1 \sum X_1 X_2 + b_2 \sum X_2^2 = \sum X_2 Y \quad (3)$$

$$7b_0 + 9,53b_1 + 16,8335b_2 = 9,22 \quad (1)$$

$$9,53b_0 + 16,8335b_1 + 32,60322b_2 = 14,5051 \quad (2)$$

$$16,8335b_0 + 32,60322b_1 + 67,78994b_2 = 25,08584 \quad (3)$$

Penyelesaian :

$$\frac{9,53}{7} = 1,36143 \rightarrow 1,36143X(1) = 9,53b_0 + 12,9744b_1 + 22,91763b_2 = 12,55238$$

$$(2) = \frac{9,53b_0 + 16,8335b_1 + 32,60322b_2 = 14,5051}{}$$

$$(2) - (1) = 0 + 3,85907b_1 + 9,68559b_2 = 1,95272 \quad (4)$$

$$\frac{16,8335}{7} = 2,40479 \rightarrow 2,40479X(1) = 16,8335b_0 + 22,91765b_1 + 40,48103b_2 = 22,17216$$

$$(3) = \frac{16,8335b_0 + 32,60322b_1 + 67,78994b_2 = 25,08584}{}$$

$$(3) - (1) = 0 + 9,68557b_1 + 27,30891b_2 = 2,91368 \quad (5)$$

$$\frac{9,68557}{3,85907} = 2,50982 \rightarrow 2,50982X(1) = 9,68557b_1 + 24,30909b_2 =$$

$$(5) = \frac{9,68557b_1 + 27,30891b_2 = 2,91368}{}$$

$$(5) - (4) = 0 + 2,99982b_2 = -1,9873$$

$$b_2 = -0,66247$$

$$(4) = 3,85907b_1 + 9,68557(-0,66247) = 1,95272$$

$$3,85907b_1 = 8,36913$$

$$b_1 = 8,36913$$

$$(1) = 7b_0 + 9,35(2,16869) + 16,8335(-0,66247) = 9,22$$

$$7b_0 = -0,29593$$

$$b_0 = -0,04228$$

Persamaan yang dicari dalam sandi x :

$$Y = -0,04228 + 2,16869X - 0,66247X^2$$

$$X_{\text{maksimal}} = \frac{2,16869}{-2(-0,66247)} = 1,63682$$

$$X = \frac{P}{25.000} \rightarrow P_{\text{maksimal}} \text{ atau } P_{\text{optimal}} = 1,63682 \times 25.000 \\ = 40921 / \text{ha}$$

$$Y_{\text{maksimal}} = -0,04228 + 2,16869(1,63682) - 0,66247(1,63682)^2 \\ = 1,73 \text{ ton kapas berbiji / ha}$$

b. Mencari garis regresi dengan rumus pintas

Rumus pintas yang digunakan (Gomez and Gomez, 1984) adalah:

$$b_1 = \frac{(\sum X_2^2)(\sum X_1 Y) - \sum X_1 X_2 (\sum X_2 Y)}{(\sum X_1^2)(\sum X_2^2) - (\sum X_1 X_2)^2}$$

$$b_1 = \frac{(\sum X_1^2)(\sum X_2 Y) - \sum X_1 X_2 (\sum X_1 Y)}{(\sum X_1^2)(\sum X_2^2) - (\sum X_1 X_2)^2}$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2$$

$$\begin{aligned} \sum X_1^2 &= \sum X_1^2 - (\sum X_1)^2 / n \\ &= 16,8335 - (9,53)^2 / 7 \\ &= 3,85910 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum X_2^2 &= \sum X_2^2 - (\sum X_2)^2 / n \\ &= 67,78994 - (16,8335)^2 / 7 \\ &= 27,30898 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum X_1 Y &= \sum X_1 Y - \sum X_1 \cdot \sum Y / n \\ &= 14,5051 - (9,53)(9,22) / 7 \\ &= 1,95273 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum X_2 Y &= \sum X_2 Y - \sum X_2 \cdot \sum Y / n \\ &= 20,08584 - 16,8335(9,22) / 7 \\ &= 2,91371 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum X_1 X_2 &= \sum X_1 X_2 - \sum X_1 \cdot \sum X_2 / n \\ &= 32,60322 - (9,53)(16,8335) / 7 \\ &= 9,68561 \end{aligned}$$

$$b_1 = \frac{27,30898 (1,95273) - 9,68561 (2,91371)}{(3,85910)(27,30898) - (9,68561)^2} = \frac{25,10600}{11,5770}$$

$$= 2,16861$$

$$b_2 = \frac{3,8591 (2,91371) - 9,68561 (1,95273)}{(3,8591)(27,30898) - (9,68561)^2} = \frac{-7,66908}{11,5770}$$

$$= -0,66244$$

$$b_0 = 1,32 - 2,16861(1,36) - (-0,66244)(2,40)$$

$$= -0,03945$$

Persamaan yang dicari

$$y = -0,03945 + 2,16861X - 0,66244X^2$$

$$x_{\text{mak}} = \frac{2,16861}{-2(-0,66244)} = 1,63684$$

$$x = \frac{P}{25000} \rightarrow P_{\text{mak}} = 1,63684 \times 25000 = 40921/\text{ha}$$

$$y_{\text{mak}} = -0,03945 + 2,16861(1,63684) - 0,66244(1,63684)^2$$

$$= 1,74 \text{ ton/ha}$$

Dicari cara (a) dan (b) ternyata hasil akhirnya hampir sama dan secara ringkas disajikan sebagai berikut:

Keterangan	Cara (a)	Cara (b)
1. Persamaan regresi	$y = -0,04228 + 2,16869X - 0,66247X^2$	$y = -0,03945 + 2,16869X - 0,66244X^2$
2. P_{maksimal}	40921 tanaman/ha	40921 tanaman/ha
3. Hasil maksimal	1,73 ton kapas berbiji/ha	1,74 ton kapas berbiji/ha

Dari kedua cara tersebut diatas, cara (b) yang paling mudah dibandingkan dengan cara (a)

d. **Garis represi melalui titik (0,0), sehingga model garis regresi yaitu:**

$$Y = b_1X + b_2X^2 \text{ atau } y = b_1X_1 + b_2X_2, \text{ dengan ketentuan } X_2 = X_1^2$$

Y akan maksimum bila fungsi turunan pertama = 0 dan fungsi turunan diperoleh dengan mendefereensialkan terhadap b_1 dan b_2 yang menghasilkan dua persamaan normal:

$$b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1X_2 = \sum YX_1 \quad (1)$$

$$b_2 \sum X_2^2 + b_1 \sum X_1X_2 = \sum YX_2 \quad (2)$$

dari Tabel 2 :

$$16,8335 b_1 + 32,60322 b_2 = 14,5051 \quad (1)$$

$$32,60322 b_1 + 67,78994 b_2 = 25,08584 \quad (2)$$

dari persamaan (1) dan (2) diperoleh:

$$b_2 = -0,64769 \text{ dan } b_1 = 2,116135$$

sehingga: $Y = 2,116135 X_1 - 0,64769 X_2$ atau

$$Y = 2,116135 X - 0,64769 X^2$$

$$X \text{ maksimum} = b_1 / -2b_2$$

$$= 2,116135 / -2(-0,64769)$$

$$= 1,6336$$

$$\text{Populasi maksimum : } X = P/25.000, P = 1,6336 \times 25000$$

$$= 40840 \text{ tanaman/hektar}$$

$$Y \text{ maksimum} = 2,116135(1,6336) - 0,64769(1,6336)^2$$

$$= 1,728$$

$$= 1,73 \text{ ton/hektar}$$

Cara c inilah yang dianjurkan.

Lampiran 2

Mencari garis regresi antara populasi tanaman/ha dengan hasil kapas berbiji/tanaman.

$$Y = K 10^{bx} \text{ atau } Y = Ke^{bx}$$

K adalah konstanta dan e adalah bilangan normal dengan nilai 2,71828 atau $\ln e = 1$

Persamaan tersebut di atas adalah fungsi perpangkatan (= eksponensial) yang dapat dicari dengan cara logaritma agar fungsi menjadi regresi linier seperti pada Tabel 3

Tabel 3 Mencari garis regresi : $y = K10^{bx}$

X	Y (g/ton)	Y'(log y)	$\hat{Y} = 119,98308 (10)^{-0,29777X}$ (g/ton)
1	56,00	1,748	60,37
1,11	52,56	1,721	56,05
1,25	51,20	1,709	50,92
1,67	44,40	1,647	38,18
2,00	35,20	1,547	30,45
2,50	18,40	1,265	21,61

Persamaan regresi dan perpangkatan dapat diselesaikan dengan regresi linier sederhana dengan rumus:

$$\log Y = \log K + bX \log 10$$

$$\log Y = \log K + bX$$

$$Y = b_0 + b_x$$

$$b = \frac{\sum xy - \sum x \sum y / n}{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}; r = \frac{\sum xy - \sum x \sum y / n}{\sqrt{(\sum x^2 - (\sum x)^2 / n)(\sum y^2 - (\sum y)^2 / n)}}$$

$$b = \frac{14,80155 - 9,53(9,637) / 6}{16,8335 - (9,53)^2 / 6} = -0,29777$$

$$\begin{aligned}b_0 &= \bar{y} - b\bar{x} \\ &= 1,60617 - (-0,29777)(1,58833) \\ &= 2,07912\end{aligned}$$

$$b_0 = \log K \rightarrow 2,07912 = \log K \rightarrow K = 10^{2,07912}$$

$$K = 119,98308$$

Persamaan regresi yang dicari:

$$y = 119,98308 (10)^{-0,29777x}$$

$$r = 0,953$$

Lampiran 3 Beberapa Tanaman C₃ dan C₄

Tanaman C₃ (Photosynthesis Pathway : C₃) (I)

1. *Temperature response of photosynthesis* : Opthimum : 15 – 20°C
Operativerange : 5 – 30°C
2. *Radiationintensityat max. Photosynthesis*: 0,2 – 0,6 cal cm⁻² min.⁻¹
3. *Maximum net rate of CO₂ exchange at light saturation* :
20 – 30 mg dm⁻² h⁻¹
4. *Max. Crop growth rate* : 20 – 30 gm⁻²day⁻¹
5. WUE : 400 – 800 g/g

Scientific name	Common name		Yield
	English	French	
<i>Brassica compestris</i>	Field mustard	Navette	Seed/oil
<i>Solanum tuberosum</i>	Potato	Pomme de tene	Tuber/vegetable
<i>Cicer arietinum</i>	Chickpea	Pois chiche	Seed/grain
<i>Lens esculenta</i>	Lentil	Lentilles	Seed/grain
<i>Phaseolus vulgaris</i>	French bean	Haricot	Seed/grain
<i>Brassica napus</i>	Rape	Colza	Seed/grain
<i>Brassica oleracea</i> <i>vag. capitata</i>	Cabbage	Choux	Leaf/vegetable
<i>Helianthus anuus</i>	Sunflower	Tournesol	Seed/grain
<i>Hordeum vulgare</i>	Barley	Orge	Seed/grain
<i>Triticum aestivum</i>	Bread wheat	Ble	Seed/grain
<i>Linum usitatissimum</i>	Linseed	Lin	Stem/fibre/seed/oil
<i>Lycopersicon esculentum</i>	Tomato	Tomate	Fruit/vegetable
<i>Avena sativa</i>	Oat	Avoine	Seed/grain
<i>Secale cereale</i>	Rye	Seigle	Seed/grain
<i>Vitis vinifera</i>	Grape	Vigne	Fruit/alkohol
<i>Chrysanthemum</i> <i>cinerariafolium</i>	Pyrethrum	Pyrehtre	Flower/Pyrethrum
<i>Beta vulgaris</i>	Sugar beet	Betterave	Roat/sugar
<i>Olea eurapaea</i>	Olive	Olivion	Fruit/oil
<i>Coffea arabica</i>	Arabica coffee	Cafe arabica	Seed (beverage)

Tanaman C₃ (II)

1. *Temperature response of photosynthesis* : Opthimum : 25 – 30°C
Operativerange : 10 – 35°C
2. *Radiationintensityat max. Photosynthesis* :
0,3 – 0,8 cal cm⁻² min.⁻¹
3. *Maximum net rate of CO₂ exchange at light saturation* :
40 – 50 mg dm⁻² h⁻¹

4. Max. Crop growth rate :
30 – 40 gm⁻²day⁻¹
5. WUE : 300 – 700 g/g

Scientific name	Common name		Yield
	English	French	
<i>Arachis hypogea</i>	Groundnut	Arachide	Seed/grain/oil/cake
<i>Vigna unguiculata</i>	Cowpea	Niebe	Seed/grain
<i>Glycine max</i>	Soyabean	Soja	Seed/grain/oil/cake
<i>Phaseolus vulgaris</i>	French bean; Kidney bean	Haricot	Seed/grain
<i>Nicotiana tabacum</i>	Tobacco	Tabac	Leaf/narcotic
<i>Helianthus annuus</i>	Sungflower	Tournesol	Seed/oil
<i>Sesamum indicum</i>	Sesame	Sesame	Seed/oil
<i>Lycopersicum esculentum</i>	Tomato	Tomate	Fruit/vegetable
<i>Carthamus tinctorius</i>	Safflower	Carthane	Seed/oil/cake
<i>Oryza sativa</i>	Rice	Riz	Seed/grain
<i>Lablab purpureus</i> vab. <i>lablab</i>	Hyacinth bean	Dolique lablab	Seed/grain
<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Roselle	Roselle	Stem/fibre
<i>H. cannabinus</i>	Kenaf	Chamre	Stem/fibre
<i>Ficus carica</i>	Fif	Fiquier	Fruit
<i>Gossypium hirsutum</i>	Cotton	Cotonier; coton	Fibre/oil/cake
<i>Ricinus communis</i>	Castor bean	Ricin	Seed/oil
<i>Ipomoea batatas</i>	Sweet potato	Potato douce	Tuber Starch Glucose Syrup Alcohol
<i>Vitis vinifera</i> (MDC)	Grape	Vigne	Fruit/alcohol
<i>Manihot esculenta</i>	Cassava	Taproca	Tuber/starch
<i>dioscorea rotundata</i>	White yam	Igname	Tuber
<i>Olea europaea</i>	Olive	Olivier	Fruit/oil
<i>Citrus sinensis</i>	Sweet orange	Oranger doux	Fruit
<i>Citrus lemon</i>	Lemon	Citronnier	Fruit
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Manguier	Fruit
<i>Theobroma cacao</i>	Cocoa	Cacaoyer	Seed/beverage
<i>Coffea canephora</i>	Robusta coffee	Cafe robusta	Seed/beverage
<i>Dioscorea alata</i>	Greafer yam	Igname	Tuber
<i>Musa spp.</i>	Banana	Bananier	Fruit
<i>Persea americana</i>	Avogado pear	Avocatier	Fruit
<i>Cocos nucifera</i>	Coconut	Cocotieh	Fruit
<i>Hevea brasiliensis</i>	Rubber		Latex
<i>Elaeis guinensis</i> <i>guinea guinensis</i>	Oilpalm	Palmier	Seed/oil/cake

Tanaman C₄

1. *Temperature response of photosynthesis* :
Optimum : 30 – 35°C
Operativerange : 15 – 45°C
2. *Radiationintensityat max. Photosynthesis* :
 1,0 – 1,4 cal cm⁻² min.⁻¹
3. *Maximum net rate of CO₂ exchange at light saturation* :
 70 – 100 mg dm⁻² h⁻¹
4. *Max. Crop growth rate* :
 30 – 60 gm⁻²day⁻¹
5. WUE : 150 – 300 g/g

Scientific name	Common name		Yield
	English	French	
<i>Echinochloa frumentaceae (TRC)</i>	Japanese barnyard millet	Millet du japon	Seed/grain
<i>Setaria italica (TRC)</i>	Foxtail millet	Millet desoiseaux	Seed/grain
<i>Eleusine coracana</i>	Finger millet	Millet carcana	Seed/grain
<i>Panicum milliaceum</i>	Common millet	Millet commum	Seed/grain
<i>Pennisetum americana</i>	Pearl millet	Petit mil	Seed/grain
<i>Digitaria exilis</i>	Hungry rice	Fonio	Seed/grain
<i>Sorghum bicolis (TRC)</i>	Sorghum	Sorgho	Grain
<i>Zea mays (TRC)</i>	Maize	Mais	Grain/oil
<i>Saccharum officinarum</i>	Sugarcane	Canne a suere	Stem/sugar

TRC : *Tropical cultivar*

Sumber : Report on the Agroecological zones Project. Methodology and Result for Africe Vol I. FAO, 1980.

Lampiran 4 Perhitungan kebutuhan sarana produksi

1. Anda ditugaskan menanam kopi seluas 100ha.

Diketahui :

Jarak tanam : 2,5m x 2,5m, satu bibit/lubang tanam

Dosis pupuk : 100kg N + 45kgP₂O₅ + 75kgK₂O perhektar

Anda harus menggunakan pupuk Rushca Yellow (15; 15; 15), kekurangan dapat dipenuhi dari Urea (45%N) dan ZK (50%K₂O).

Tanaman kopi diserang hama penggerak buah kopi (*Stephanoserres hamper*). Hama ini dikendalikan dengan isektisida Sevin 85 SP. Bahan aktif insektisida ini karbaril. Konsentrasi semprot 3 g Sevin 85 SP/l, volume larutan semprot 1000/ha.

Hitunglah:

- Banyaknya bibit
- Banyaknya pupuk RY dan pupuk tunggal
- Dosis pupuk/pohon
- Banyaknya Sevin 85 SP dan bahan aktif karbaril
- Dosis Sevin 85 SP/pohon dan bahan aktif karbaril/pohon

Jawaban:

a. Banyaknya lubang tanam/ha = $\frac{\text{luas 1 ha}}{\text{jab} \times \text{jdb}}$

jab : jarak antar baris

jdb : jarak dalam baris

$$= \frac{10.000 \text{ m}^2}{25 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}} = 1.600 \text{ lubang}$$

100 ha membutuhkan 1.600 x 100 = 160.000 bibit.

Biasanya diberi kelebihan 5% = $\frac{5}{100} \times 160.000 \text{ bibit} = 8.000$

bibit untuk sulaman

b. Dosis pupuk:

$$\begin{array}{ccc}
 100 \text{ kgN} & + & 45 \text{ kgP}_2\text{O}_5 & + & 75 \text{ kgK}_2\text{O} \\
 \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 \text{Dibutuhkan } 300\text{kg Ry (15;15;15)} & : & 45 \text{ kgN} & + & 45 \text{ kgP}_2\text{O}_5 & + & 45 \text{ kgK}_2\text{O} \\
 \text{Kekurangan} & : & 55 \text{ kgN} & + & 0 \text{ kgP}_2\text{O}_5 & + & 30 \text{ kgK}_2\text{O}
 \end{array}$$

$$55 \text{ kg N} \rightarrow \frac{55}{45} \times 100 \text{ kg Urea} = 122 \text{ kg Urea}$$

$$30 \text{ kgK}_2\text{O} \rightarrow \frac{30}{50} \times 100 \text{ kg ZK} = 60 \text{ kg ZK}$$

Pupuk per ha : 300 kg RY + 122 kg Urea + 60 kg ZK
 untuk 100 ha = 30.000 kg RY + 12.200 kg Urea + 60.000 kg ZK
 ZK = 30 ton RY + 12,2 ton Urea + 6 ton ZK

c. Dosis/pohon : $\frac{300 \text{ kg RY} + 122 \text{ kg Urea} + 60 \text{ kg ZK}}{1.600}$
 : 0,1875 kg RY + 0,07625 kg Urea + 0,0375 kg ZK
 : 187,5 g RY + 7,625 kg Urea + 3,75 kg ZK

d. Sevin 85 SP, SP = Soluble Powder. Pestisida yang diformulasi dalam bentuk tepung dengan air didispersi dan dilarutkan sempurna dalam air. Angka 85 menunjukkan kandungan racun (bahan aktif = *active ingredient*) karbaril sebanyak 85%, yang 15% berupa pembawanya atau carriernya.

Banyaknya Sevin 85 SP : $3\text{g/l} \times 1.000 \text{ l air} = 3.000 \text{ g}$ atau 3 kg
 atau
 $0,85 \times 3 \text{ kg} = 2,55 \text{ kg}$ karbaril.

e. Dosis per pohon = $3 \text{ kg}/1.600 = 0,001875 \text{ kg}$ Sevin 85 SP = 1,875 g Sevin 85 SP dengan volume semprot 1.000 l / 1.600 pohon = 0,625 l / pohon = 625 ml/pohon. Karbaril (bahan aktif) per pohon = $0,85 \times 1,875 \text{ g} = 1,59375 \text{ g} = 1,6 \text{ g}$.

2. Menanam jagung :

Jarak tanam = 80 cm x 25 cm, tiap lubang tanam diisi 3 biji (benih) dan nanti hanya dipelihara satu tanaman/lubang. Berat 1.000 biji = 300 g. Daya tumbuh benih 85%. Berapa kg benih yang diperlukan untuk satu hektar?

Jawaban :

$$\text{Banyaknya lubang tanam} = \frac{10.000 \text{ m}^2}{0,80 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}}$$

$$= 50.000$$

$$\text{Kebutuhan benih} = 50.000 \times 3 \text{ biji} = 150.000 \text{ biji}$$

$$\text{Berat biji} = 150.000 \times \frac{300}{1000} \text{ g} = 45.000 \text{ g} = 45 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya tumbuh 85\%, kebutuhan benih} &= \frac{100}{85} \times 45 \text{ kg} = 52,94 \text{ kg} \\ &= 53 \text{ kg/ha} \end{aligned}$$

Rumus umum:

Banyaknya benih yang dibutuhkan untuk setiap hektar dapat dihitung dengan rumus:

$$B = \frac{\text{luas 1 ha}}{\text{jab} \times \text{jdb}} \times \text{berat 100 biji} \times \frac{100}{\% \text{ daya tumbuh}} \times \text{jumlah biji/lubang}$$

Keterangan:

B = banyaknya benih dalam g/ha

jab = jarak antar baris

jdb = jarak dalam baris

Untuk contoh diatas:

$$\begin{aligned} B &= \frac{10.000 \text{ m}^2}{0,80 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}} \times \frac{30 \text{ g}}{100 \text{ biji}} \times \frac{100}{85} \times 3 \\ &= 50.000 \times 0,3 \times \frac{100}{85} \times 3 \text{ g} = 52.941 \text{ g} \\ &= 52,941 \text{ kg} = 53 \text{ kg} \end{aligned}$$

INDEKS

A

Active ingredient 266
Agrobacterium tumefaciens 74
Agronomi 8, 9, 10
Aksi 50
Ambang ekonomi 211
Amonium sulfat 130, 133, 134
Antagonisme 48
Arang hayati 144
Arsitektur tanaman 102

B

Bagan Warna Daun (BWD) 167, 168, 169
Bahan organik tanah 44, 45, 51, 53, 54
Bahan tanaman 63, 64
Banyaknya lubang tanam 97, 265, 267
Benih 63, 64, 133, 275
Benih penjenis 87
Benih Sebar 78, 79
Bibit 63, 64, 65

C

C/N 35, 31, 52, 53, 54, 142
Chitinase 7
Cuaca 13
Curah hujan efektif 28, 29

D

Dekomposisi bahan organik 45, 51, 53, 54
Dosis maksimum 155, 156
Dosis optimum 155, 157

E

Efisiensi pemupukan 147
Ekonomi biru 217
Ekonomi hijau 213, 214

F

Faktor perbanyak benih 78, 79

Fotoperiode 14, 25
Fotosintesis 17, 25
Fungsi perpangkatan 1, 2, 3, 260

G

Gas rumah kaca 213, 214, 215
Gema palagung 207
Gulma 9, 71, 117, 118, 119, 120

H

Humus 45, 51, 53, 142

I

Iklim 9, 13
Indeks Pertanaman Ganda (IPG) 190, 191, 192
Intensitas radiasi matahari 14, 15, 17
Intercropping 175

K

Kawasan Rumah Pangan Lestari (KRPL) 229, 230, 231, 232, 233
Kebutuhan air tanaman 28
Kedaulatan pangan 8, 229
Kejenuhan basa 37, 39, 40, 44
Kelas kesesuaian lahan 54, 56, 57, 58, 59, 61
Kelipatan persekutuan terbesar (KPT) 114, 115
Kemandirian pangan 8, 230
Keragaman hayati 72
Ketahanan pangan 229, 230, 231
Klon 63
Klorofil 18
Kloroplas 17, 18, 19
Koaksi 47
Komensalisme 49
Kompetisi 48
Kompon 130
Kompos 138, 141
Kultivar 63
Kultur jaringan 66

L

Land Equivalent Ratio 181, 182, 183
Laju pertumbuhan 2, 3, 5, 6

M

Mekanisasi pertanian 88, 90, 91
Millenium Development 212
Mutu benih 79, 80
Mutu genetis 80

O

Organisme tanah 46

P

Panca usaha pertanian 206
Panen ganda 173, 174
Pemanasan global 213
Pemupukan berimbang 145, 146, 147
Penanaman tunggal 213
Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) 219, 220, 221
Pengendalian secara budidaya 133
Pengendalian secara fisis 122
Pengendalian secara kimiawi 122
Pengendalian secara terpadu 125
Pengolahan tanah minimum 87
Pengolahan tanah sempurna 87
Pengolahan Tanah Tanpa Olah Tanah (TOT) 88
Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS) 163, 164
Periode Kritis Tanaman 121
Persaingan 48, 51, 99
Pertanian berkelanjutan 209, 215
Pertanian organik 208, 209, 211
Pola tanam 176, 194, 198
Populasi maksimal 101, 105, 255, 257, 258, 259
Populasi optimal 97, 257
Predasi 49
Principle of population 205
Pupuk campuran 130, 131
Pupuk hijau 130, 138, 139
Pupuk kandang 127, 130, 140, 141

Pupuk kompon 130
Pupuk murni 130
Pupuk organik 130, 137, 138

R

Rasio penampilan tanaman (RPT) 186, 187, 188, 189
Relay cropping 174, 175

S

Sekolah Lapang PTT 211, 222, 228, 229
Satuan panas 31
Sertifikasi benih 80
Shade plant 16
Sistem PHT 209
Sistem tanam 105, 176
Simbiosis 47, 49
Sustainable agriculture 209

T

Tanaman C3 17, 25, 262
Tanaman C4 264
Tanaman hari netral 27
Tanaman hari Panjang 26
Tanaman hari pendek 27
Tanaman sela 200, 204
Tanaman transgenik 66, 67, 68, 209
Taraf kerusakan ekonomi 211
Teknologi tepat guna 11
Teknologi spesifik lokasi 11
Tumpanggilir 174, 175
Tumpangsari 175, 178
Tumpangsari bersisipan 175, 178

U

Urea 130, 131, 132, 134, 135, 136
Urease 134, 137

V

Varietas 9, 63
Varietas padi hibrida 76
Varietas unggul 63, 74, 75
Varietas unggul baru (VUB) 75, 76
Varietas unggul padi 74
Varietas unggul tipe baru (VUTB) 76
Volatilisasi 136, 137

RIWAYAT HIDUP



Adji Sastrosupadi

Pendidikan formal :

- 1962. Akademi Departemen Pertanian. Ciawi, Bogor. Jurusan Bercocok Tanam.
- 1971. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Jurusan Teknik Pertanian
- 1980. MS. IPB. Ekologi Tanaman
- 1984. Doktor. IPB. Ekofisiologi Tanaman

Pendidikan Tambahan:

1. Penataran Ilmu-Ilmu Pertanian IPB Tahun 1974
 2. Plant Protection and Production. The Egyptian International Centre for Agriculture. Mesir Tahun 1977.
 3. Scientific Writing Workshop. National Library for Agriculture Science, Bogor Tahun 1988.
 4. Penggunaan Teknik Nuklir Dalam Penelitian dan Nutrisi Tanaman. BATAN Tahun 1985.
 5. Keredaksian Publikasi Ilmiah, IPB. Tahun 1995.
 6. Micro Model for Jute Market Analysis, LPP Yogyakarta. Tahun 1990.
1993. Ahli Peneliti Utama (APU/Profesor Riset) dari Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) dengan SK Presiden No.27/M/1994 pada Balai Penelitian Tembakau dan Serat (Balittas). Malang. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
2005. Guru Besar Universitas Putra Bangsa Surabaya. SK Mendiknas No.49826/A.27/KP/2005.

Sejak tahun 2010 sampai sekarang sebagai dosen tetap di Universitas Tribhuwana Tungadewi (UNITRI) Malang, dan Dosen tidak tetap di Sekolah Tinggi Agama Budha Kertarajasa Batu, untuk Mata Kuliah Statistika dan Metodologi Penelitian.

Tanda Penghargaan

1. Pelatih terbaik kedua pada Latihan Keterampilan dan Pengetahuan Praktis para Kepala Kebun dalam Pelaksanaan Manajemen Penelitian Terpadu di BLPP Cihea, Cianjur, 15 Juli – 31 Agustus 1994.
2. Peneliti Berprestasi dari Menteri Pertanian 30 Juli 1998.
3. Piagam Tanda Kehormatan Satyalancana Karya Satya 30 Tahun No. 081/TK/TAHUN 2003 dari Presiden Republik Indonesia.



Widowati, lahir di manokwari tanggal 24 Agustus 1965. Gelar Sarjana Penelitian diperoleh dari Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Jurusan Ilmu Tanah pada tahun 1989. Sejak tahun 1990 mulai berkarir sebagai tenaga pengajar di Sekolah Tinggi Pertanian (STIPER) Tribhuwana Tungadewi (sekarang Universitas Tribhuwana Tungadewi atau UNITRI). Tahun

1993 diangkat sebagai CPNS (Gol III/a) pada Kopertis Wilayah VII Surabaya diperbantukan di STIPER Tribhuwana Tungadewi Malang. Tahun 1992 melanjutkan Pendidikan Program Master di Universitas Brawijaya mengambil Program Studi Ilmu Tanaman (lulus tahun 1994). Tahun 2008 melanjutkan Program Doktor mengambil Program Studi Tanah dan Sumber Daya Alam di Universitas Brawijaya (lulus tahun 2011) dengan Disertasi berjudul *Penggunaan Biochar untuk Meningkatkan Efisiensi Pemupukan Nitrogen*.

Selama Berkarier telah menghasilkan berbagai karya tulis ilmiah yang dipublikasikan dalam jurnal ilmiah nasional dan internasional, melakukan berbagai penelitian dengan biaya dari swasta dan Dikti, melakukan berbagai pengabdian kepada masyarakat, mengikuti seminar ilmiah dan *workshop* dan berbagai pembicara ilmiah di berbagai instansi, meraih satu penghargaan Hak Kekayaan Intelektual (HAKI) dan mendapat penghargaan Satya Lencana Karyasatya 10 tahun dari Presiden RI tahun 2008.

Menjabat sebagai Dekan Fakultas Pertanian UNITRI sejak 2011 sampai Desember 2017, dan sejak itu sampai sekarang sebagai Wakil Rektor I. Menjabat di Organisasi profesi sebagai Sekretaris Asosiasi Biochar Indonesia (ABI) sejak tahun 2013 sampai sekarang. Aktif mengajar, meneliti, menulis karya ilmiah, mengikuti seminar, pelatihan, sampai menjadi pemakalah berbagai seminar dan *workshop* dalam bidang ilmu pertanian khususnya biochar.



Amik Krismawati. Lahir di Blitar 29 November 1968. Gelar Sarjana Pertanian diperoleh dari Fakultas Pertanian Universitas Pembangunan Nasional (UPN) Veteran Surabaya Jurusan Budidaya Tanaman Tahun 1992. Mulai tahun 1993 sampai 1996 mulai berkarir sebagai tenaga pengajar (Dosen) di Universitas Putra Bangsa (UPB) Surabaya mengajar mata kuliah

Dasar-Dasar Agronomi, Bercocok Tanam Tanaman Pangan dan Tanaman Perkebunan. Tahun 1996 sampai dengan 2007 bekerja di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Kalimantan Tengah di Palangka Raya. Di Provinsi Kalimantan Tengah menjadi anggota Komisaris Daerah (KOMDA) Plasma Nutfah Kalimantan Tengah di Palangka Raya. Aktif mengikuti berbagai seminar dan training nasional (Plasma Nutfah Sumber Daya Genetik, Sistem Usaha Tani, Budidaya Tanaman, Sosial Ekonomi). Pada Tahun 1999 melanjutkan Pendidikan program Master di Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta mengambil Program Studi Produksi Tanaman (Lulus Tahun 2001). Pada tahun 2008 sampai sekarang menjabat sebagai Peneliti Bidang Budi-daya Tanaman pada Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Timur di Malang.

Selama berkarier telah menghasilkan berbagai karya tulis ilmiah yang dipublikasikan dalam jurnal ilmiah nasional dan internasional, melakukan berbagai pengabdian kepada masyarakat, mengikuti Seminar Ilmiah dan *Workshop* dan sebagai pembicara ilmiah di berbagai instansi. Buku yang pernah ditulis adalah "Pertanian Organik menuju Pertanian Berkelanjutan telah diterbitkan Bayumedia *Publishing* tahun 2008, merupakan buku pertamanya. Buku dengan judul "Prinsip-prinsip Agronomi Dengan Hasil-Hasil Penelitian di Indonesia" merupakan buku kedua dengan harapan buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat khususnya bidang pertanian.

Agronomi adalah suatu studi biologis lapangan (*field*) merupakan proses yang kompleks dan sintesis dari berbagai sumber dan disiplin ilmu guna mencari solusi yang cepat untuk mengatasi problem-problem yang terjadi dalam praktek budidaya pertanian. Sedemikian kompleksnya agronomi, sehingga jarang dapat dimengerti oleh sebagian petani. Adanya proses yang kompleks tersebut disebabkan terjadinya interaksi berbagai faktor seperti iklim/cuaca, tanaman, tanah, dan manajemen. Bila salah satu mengalami perubahan, maka faktor yang lainpun juga mengalami perubahan dan karena itu penelitian-penelitian agronomi perlu mengembangkan metode percobaan yang berbasis perancangan percobaan.

Agronomi bertujuan untuk meningkatkan produktivitas/kualitas komoditas pertanian termasuk tanaman pangan (terutama padi, jagung, kedelai). Ketersediaan pangan mutlak dibutuhkan bagi kelangsungan hidup manusia. Pangan dan penduduk merupakan pasangan yang tidak dapat dipisahkan ibarat sepasang merpati. Laju pertumbuhan penduduk mengikuti fungsi (persamaan) eksponensial (deret ukur), sedangkan laju pertumbuhan pangan mengikuti persamaan garis lurus (regresi linier atau deret hitung). Dengan demikian akan terjadi kesenjangan antara jumlah penduduk dengan pangan yang semakin lebar seiring dengan berjalannya waktu. Masalah penduduk dan pangan sudah dikemukakan sejak lama oleh Thomas Malthus pada tahun 1798 dalam bukunya yang berjudul "*Principle of Population*". Solusi yang diperlukan yaitu menekan laju pertumbuhan penduduk dengan program keluarga berencana dan meningkatkan produktivitas/kualitas tanaman dengan menerapkan teknologi tepat guna/spesifik lokasi yang dihasilkan melalui penelitian agronomi. Dalam buku inilah dikemukakan secara garis besar tentang prinsip-prinsip agronomi yang perlu diketahui bagi pelajar, mahasiswa pertanian dan praktisi pertanian.

ISBN 9786024700744



9 786024 700744
Anggota IKAPI No. 059/JTI/89