

Optimasi Pupuk

Anorganik dan Organik
untuk Meningkatkan
Kualitas Bibit Kelapa Sawit



Optimasi Pupuk Anorganik dan Organik untuk Meningkatkan **Kualitas Bibit Kelapa Sawit**

Tim Penulis:

Sudradjat

Anita Darwis

Rizki Fauziah Ramadhaini

Eltis Panca Ningsih

Vira Irma Sari



Penerbit IPB Press
Kampus IPB Taman Kencana,
Kota Bogor - Indonesia

C.01/10.2015

Judul Buku:

Optimasi Pupuk Anorganik dan Organik untuk Meningkatkan Kualitas Bibit Kelapa Sawit

Penulis:

Sudradjat
Anita Darwis
Rizki Fauziah Ramadhaini
Eltis Panca Ningsih
Vira Irma Sari

Desain Sampul:

Ahmad Syahrul Fakhri

Penata Isi:

Ahmad Syahrul Fakhri

Korektor:

Gani Kusnadi

Sumber Ilustrasi Sampul:

<https://sagoeluser5.wordpress.com/2010/07/06/membedah-pengembangan-sawit-indonesia/>

Jumlah Halaman:

50 + xii halaman romawi

Edisi/Cetakan:

Cetakan 1, Oktober 2015

PT Penerbit IPB Press

Anggota IKAPI
Kampus IPB Taman Kencana
Jl. Taman Kencana No. 3, Bogor 16128
Telp. 0251 - 8355 158 E-mail: ipbpress@ymail.com

ISBN: 978-979-493-870-6

Dicetak oleh Percetakan IPB, Bogor - Indonesia
Isi di Luar Tanggung Jawab Percetakan

© 2015, HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit

Prakata

Kelapa sawit merupakan komoditi perkebunan utama yang menjadi sumber devisa negara. Indonesia saat ini adalah negara produsen kelapa sawit nomor satu di dunia setelah menggeser kedudukan Malaysia pada tahun 2006. Perkembangan luas areal dan produksi dalam tiga dekade tahun terakhir sangat pesat. Perluasan dan peremajaan areal perkebunan kelapa sawit memerlukan bibit dalam jumlah besar dan berkualitas, baik untuk perkebunan rakyat, perkebunan negara, maupun perkebunan swasta.

Ketersediaan bibit yang berkualitas tidak hanya diperoleh dari benih yang bersertifikat, tetapi juga harus menggunakan teknologi pembibitan, seperti penggunaan dosis dan jenis pupuk yang tepat. Informasi mengenai dosis dan jenis pupuk untuk bibit kelapa sawit sudah cukup tersedia, namun untuk varietas Dami Mas masih sangat terbatas. Monograf ini merupakan sintesis dari suatu seri penelitian dengan topik penentuan dosis optimum pupuk anorganik dan organik, melibatkan lima orang mahasiswa Program Pascasarjana dan satu orang mahasiswa Program Sarjana dari Program Studi Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian IPB. Dengan tersusunnya monograf ini, diharapkan petani dan pelaku usaha perkebunan kelapa sawit mendapatkan informasi tentang dosis dan jenis pupuk yang tepat, khususnya untuk bibit kelapa sawit varietas Dami Mas dan varietas lainnya sebagai pembandingan.

Kami menyampaikan terimakasih dan penghargaan kepada berbagai pihak yang memungkinkan terlaksananya penelitian dan penerbitan buku ini, khususnya kepada:

1. Dr. Ir. Agus Purwito, M.Sc. selaku Ketua Departemen Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian IPB yang mengizinkan penggunaan bibit kelapa sawit di Kebun Percobaan Cikabayan Darmaga untuk bahan penelitian penentuan dosis optimum pupuk anorganik dan organik ini dilaksanakan.

2. Dr. Ir. Ade Wachjar MS, Dr. Sugiyanta MS, Dr. Supijatno MS, dan Dr. Hariyadi MS sebagai pembimbing mahasiswa Program Studi Agronomi dan Hortikultura Sekolah Pascasarjana IPB.
3. PT SMART Tbk. yang telah menghibahkan benih kelapa sawit Dami Mas kepada Departemen Agronomi dan Hortikultura IPB sehingga memungkinkan penelitian dapat dilaksanakan.

Kami berharap buku ini menambah khasanah pengetahuan tentang pembibitan kelapa sawit di Indonesia dan menjadi rujukan pengembangan perkebunan yang berkelanjutan.

Bogor, September 2015

Tim Penulis

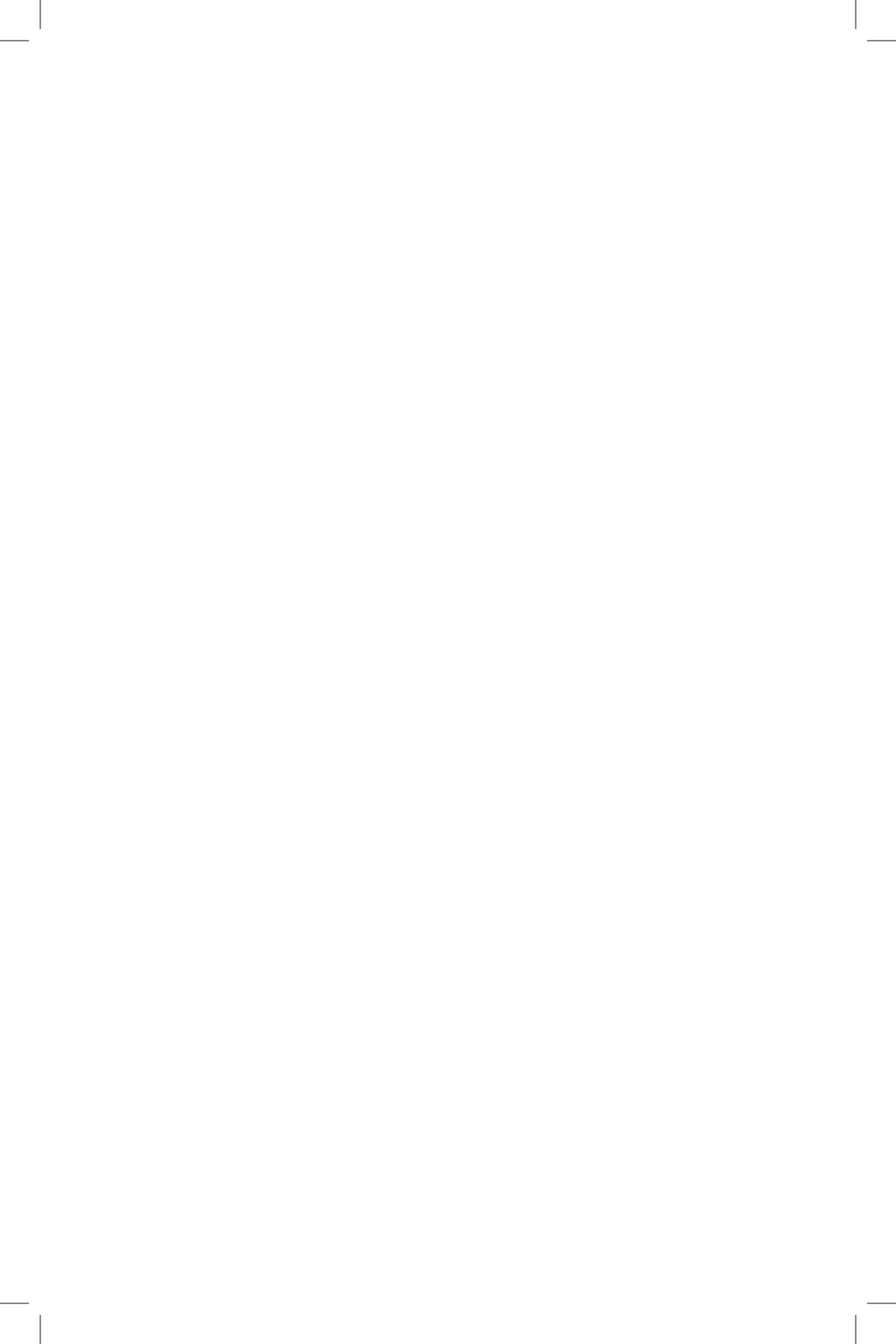
Daftar Isi

Prakata	v
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	ix
Daftar Gambar	xi
I. Pendahuluan.....	1
II. Kelapa Sawit: Fakta Data.....	3
2.1 Asal-usul dan Botani.....	3
2.2 Siklus Hidup (<i>life Cycle</i>) dan Hasil.....	4
2.3 Hara yang Diangkut Melalui Tandan Buah	4
2.4 Kerapatan Tanam	5
2.5 Iklim dan Tanah.....	5
III. Pembibitan Kelapa Sawit	7
3.1 Tujuh Kunci Keberhasilan Pembibitan Kelapa Sawit.....	7
3.2 Pemilihan Benih	8
3.3 Pemilihan Lokasi	9
3.4 Tipe Pembibitan.....	9
3.4.1 <i>Pre-Nursery</i> : Bahan, Persiapan, Pelaksanaan.....	10
3.4.2 Pembibitan Utama (<i>Main Nursery</i>).....	12
IV. Unsur Hara Makro Dan Pupuk Organik.....	15
4.1 Nitrogen	15
4.2 Fosfor.....	16
4.3 Kalium.....	18

4.4 Kalsium.....	19
4.5 Magnesium	20
4.6 Pupuk Majemuk NPK.....	22
4.7 Pupuk Organik	23
V. Landasan Teori Penentuan Dosis Optimum.....	27
VI. Dosis Optimum Pupuk Anorganik Dan Organik	
Pada Bibit Kelapa Sawit.....	31
6.1 Dosis Optimum Pupuk Nitrogen	32
6.2 Dosis Optimum Pupuk Fosfor	33
6.3 Dosis Optimum Pupuk Kalium.....	34
6.4 Dosis Optimum Pupuk Kalsium	35
6.5 Dosis Optimum Pupuk Magnesium	35
6.6 Dosis Optimum Pupuk Majemuk NPK	36
6.7 Dosis Optimum Pupuk Organik	37
6.8 Rekomendasi Dosis Pupuk Anorganik dan Organik	38
6.9 Bibit Siap Salur.....	39
Daftar Pustaka.....	41
Tentang Penulis.....	47

Daftar Tabel

Tabel 1	Siklus hidup tanaman kelapa sawit.....	4
Tabel 2	Unsur hara yang diangkut dalam Tandan Buah Segar (TBS)	5
Tabel 3	Produsen benih kelapa sawit bersertifikat	9
Tabel 4	Standar pertumbuhan morfologi varietas Dami Mas	14
Tabel 5	Dosis optimum nitrogen pada bibit kelapa sawit di pembibitan utama berdasarkan peubah tinggi tanaman (g per bibit)	33
Tabel 6	Dosis optimum fosfor pada bibit kelapa sawit di pembibitan utama berdasarkan peubah tinggi tanaman (g per bibit)	34
Tabel 7	Dosis optimum kalium pada bibit kelapa sawit di pembibitan utama berdasarkan peubah tinggi tanaman (g per bibit)	34
Tabel 8	Dosis optimum magnesium pada bibit kelapa sawit di pembibitan utama berdasarkan peubah tinggi tanaman (g per bibit)	36
Tabel 9	Dosis optimum pupuk NPK majemuk pada bibit kelapa sawit di pembibitan utama berdasarkan peubah tinggi tanaman (g per bibit)	37
Tabel 10	Rekomendasi pupuk anorganik dan pupuk organik pada bibit kelapa sawit di pembibitan utama	39



Daftar Gambar

Gambar 1 Model dengan bentuk geometris yang berbeda untuk mewakili data percobaan (Webb 2009)	28
Gambar 2 Bentuk geometris sebagai representasi dari data optimasi pemupukan (Webb 200)	29



BAB I

Pendahuluan

Indonesia merupakan produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia dan industrinya telah menjadi andalan dalam perekonomian—menjadi salah satu sumber penghasil devisa dari ekspor di sektor pertanian. Pada tahun 2013, Indonesia menghasilkan lebih dari 26,9 juta ton minyak sawit (BPS 2014).

Perkebunan kelapa sawit berkontribusi besar terhadap pembangunan daerah; sebagai sumber penting dalam pengentasan kemiskinan melalui usaha budi daya dan pengolahan hilirnya. Usaha budi daya kelapa sawit memberikan pendapatan yang dapat diandalkan bagi sebagian besar penduduk miskin pedesaan di Indonesia, terutama di Sumatera dan Kalimantan. Lapangan pekerjaan yang dapat disediakan dari sub sektor perkebunan kelapa sawit di Indonesia, berpotensi mencapai lebih dari 6 juta sehingga menjadi salah satu cara untuk mengentaskan kemiskinan masyarakat. Lebih dari 6,6 juta ton minyak sawit dihasilkan oleh perkebunan rakyat dari 41 persen luas areal perkebunan kelapa sawit di seluruh Indonesia (World Growth 2011).

Minyak kelapa sawit adalah minyak nabati yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan makanan dan non-makanan. Total produksi minyak sawit dunia diperkirakan lebih dari 45 juta ton—Indonesia dan Malaysia sebagai produsen utama, sedangkan importir utama dunia adalah India, China, dan Uni Eropa. Industri kelapa sawit telah mengalami pertumbuhan sangat pesat dalam beberapa dekade terakhir. Selain itu, juga telah menjadi kontributor yang signifikan ke pasar dunia untuk minyak nabati. Permintaan negara-negara maju untuk minyak sawit telah meningkat pesat dalam beberapa tahun terakhir karena adanya pergeseran dari penggunaan lemak untuk alternatif bahan pangan yang lebih sehat ke minyak sawit (CPO). Minyak kelapa sawit sering digunakan sebagai pengganti lemak karena merupakan salah satu dari lemak nabati jenuh, bersifat semi-padat pada suhu kamar, dan biaya produksi yang relatif rendah (World Growth 2011).

Peningkatan produksi dapat dilakukan dengan ekstensifikasi, intensifikasi, dan *replanting* tanaman yang kurang produktif. Dalam rangka upaya ekstensifikasi dan *replanting*, memerlukan bahan tanam atau bibit yang berkualitas. Penyediaan bibit yang berkualitas merupakan kunci keberhasilan untuk mendapatkan produktivitas yang tinggi. Untuk mendapatkan bibit yang berkualitas, dimulai dengan pemilihan benih yang bersertifikat dengan tingkat produktivitas tinggi. Bibit yang berkualitas diperoleh dengan menggunakan teknik pembibitan yang baik, artinya bibit selama di pembibitan mendapatkan hara yang cukup melalui program pemupukan. Pemupukan bibit kelapa sawit harus memenuhi kaedah 5 T, yaitu tepat dosis, tepat jenis, tepat cara, tepat waktu, dan tepat tempat. Menurut Lubis (2008), tanaman yang berasal dari bibit yang baik akan tumbuh dan berkembang dengan baik dan cepat, pada akhirnya berproduksi lebih awal dan memberikan hasil yang lebih tinggi.

Tahap pembibitan merupakan tahap paling awal pengelolaan tanaman kelapa sawit. Pembibitan kelapa sawit yang dianjurkan adalah pembibitan dengan menggunakan kantong plastik (*polybag*), dilakukan dua tahap (*double stage system*) yaitu melalui pembibitan awal (*pre-nursery*) dan pembibitan utama (*main-nursery*). Terdapat alasan kuat mengapa perlu dilakukan pemupukan pada fase pembibitan, yaitu karena sistem perakaran bibit masih terbatas sehingga hara harus dalam keadaan mudah diserap oleh tanaman (Cooke 1982). Jumlah hara yang dibutuhkan tanaman kelapa sawit untuk tumbuh dan berproduksi dengan baik berturut-turut ialah K, N, Ca, Mg, dan P (Goh *et al.* 1994).

Kaidah pemupukan 5 T, mensyaratkan pemahaman tentang jenis-jenis pupuk yang dapat digunakan sebagai sumber hara bagi bibit kelapa sawit. Pada dasarnya terdapat tiga jenis pupuk, yaitu pupuk kimia (anorganik), pupuk organik, dan pupuk hayati.

Menyadari semakin meningkatnya kesadaran masyarakat akan lingkungan dan mahalnya harga pupuk maka yang diaplikasikan pada bibit kelapa sawit sejak di pembibitan, harus dalam jumlah dan jenis yang tepat. Untuk menjawab permasalahan tersebut, telah dilakukan enam seri penelitian optimasi pupuk, baik pupuk tunggal, pupuk majemuk, maupun pupuk organik. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, ditentukan dosis optimum untuk setiap unsur hara dan selanjutnya disusun suatu rekomendasi pemupukan untuk bibit kelapa sawit di pembibitan utama (*main nursery*).

BAB II

Kelapa Sawit: Fakta Data

Uraian umum kelapa sawit yang terdiri atas asal-usul, botani, siklus hidup tanaman, hasil, hara yang dibutuhkan, jarak tanam, persyaratan iklim, dan tanah pada bab ini disajikan secara ringkas (Anonymous 1999).

2.1 Asal-usul dan Botani

Kelapa sawit berasal dari wilayah Riverine, yaitu suatu wilayah yang merupakan hutan hujan tropis di Afrika Barat (Anonymous 1999). Benih kelapa sawit (empat benih) pada tahun 1848 dibawa dari Bourbon (Mauritius) dan ditanam di Kebun Raya Bogor. Benih tersebut tumbuh dengan baik. Kemudian dari tanaman yang berasal dari Kebun Raya tersebut, menjadi tetua yang berkembang saat ini di Indonesia dan Malaysia (Indonesia Palm Oil Board 2010).

Kelapa sawit : *Elaeis guineensis Jacq* (Bahasa Latin)

Famili : *Palmae*,

Sub-famili : *Cocoidae*.

Tanaman ini merupakan tanaman *monoecious* (bunga jantan dan betina dihasilkan oleh satu tanaman). Delapan pelepah daun (*frond*) dihasilkan pada spiral pelepah daun yang berurutan. Lima spiral daun dipertahankan pada setiap tanaman dewasa sehingga satu tanaman dewasa mempunyai 40 pelepah daun. Laju produksi pelepah daun antara 1 sampai dengan 3 pelepah setiap bulan. Waktu antara inisiasi bunga betina dan produksi buah matang, kurang lebih berlangsung selama 44 bulan.

Hibrida Dura x Psifera, umum dikenal sebagai Tenera, yaitu kultivar yang paling umum digunakan sebagai bahan tanaman. Teknik kultur jaringan telah dikembangkan secara meluas di berbagai negara, tetapi sampai saat ini hasilnya belum ada yang memuaskan.

Tandan buah (*Fruit bunche*) terdiri atas buah-buah (*fruitset*) biji kelapa sawit. Berat tandan buah meningkat dari kurang lebih 5 kg (umur 3 tahun setelah tanam) sampai dengan 50 kg (umur lebih dari 15 tahun). Setiap buah mengandung minyak di dalam *mesocarp* (sabut) sebesar 22%–30%, sedangkan kernel (daging biji) mengandung 4%–6% minyak.

2.2 Siklus Hidup (*Life Cycle*) dan Hasil

Tanaman kelapa sawit adalah tanaman tahunan (*perennial crop*). Kelapa sawit liar umurnya dapat mencapai lebih dari 200 tahun. Umur ekonomis kelapa sawit yang diusahakan secara komersial berkisar antara 25–30 tahun (Tabel1).

Produksi kelapa sawit dapat mencapai 46 ton Tandan Buah Segar (TBS) per hektare per tahun, setara dengan 10.6 ton *Crude Palm Oil* (CPO), dan 0.9 ton minyak biji sawit (*Palm Kernel Oil* [PKO]). Hasil produksi CPO sebesar 12 ton CPO/ha telah dilaporkan oleh lembaga penelitian di Meksiko. Panen TBS dapat dilakukan setiap 7 sampai dengan 14 hari sekali.

2.3 Hara yang Diangkut Melalui Tandan Buah

Produksi utama kelapa sawit adalah Tandan Buah Segar (TBS) dengan produktivitas dapat mencapai lebih dari 25 ton per hektare. Urutan hara makro yang diangkut melalui TBS adalah unsur kalium, nitrogen, kalsium, magnesium, dan fosfor.

Tabel 1 Siklus hidup tanaman kelapa sawit

Fase	Waktu (lamanya)
Nursery	10–12 bulan
Tanaman Belum Menghasilkan (TBM)	24–30 bulan
Produksi :	
Fase peningkatan	Tahun 3–10
Fase mendatar	Tahun 10–15
Fase menurun	Lebih dari 15 tahun

Tabel 2 Unsur hara yang diangkut dalam tandan buah segar (TBS)

Hasil	N	P	K	Ca	Mg
	Kg				
1 ton TBS	2,94	0,44	3,71	0,81	0,77
25 ton TBS	74	11	93	20	19

Selain hara makro, tanaman kelapa sawit membutuhkan hara mikro antara lain unsur boron (Bo), tembaga (Cu, terutama pada lahan gambut dan tanah berpasir), seng (Zn), dan besi (Fe).

2.4 Kerapatan Tanam

Kerapatan tanaman kelapa sawit berkisar antara 120 sampai dengan 148 pohon per hektare, bergantung pada bahan tanam, tanah, dan iklim. Jarak tanam yang lebih lebar digunakan apabila kondisi lingkungan (tanah dan iklim) lebih menguntungkan bagi pertumbuhan vegetatif tanaman. Sebaliknya, jarak tanam sempit apabila kondisi kurang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. Kelapa sawit ditanam dengan jarak tanam segi tiga sama sisi (*triangular spacing pattern*). Jarak tanam yang umum digunakan adalah 9m x 9m x 9m, segitiga sama sisi dengan populasi 143 pohon per hektare.

2.5 Iklim dan Tanah

Tanaman kelapa sawit menghendaki ketinggian yang rendah (kurang dari 500m di atas permukaan laut), dengan letak geografis di wilayah 15 derajat dari garis lintang di daerah tropis basah (*humid tropic*). Curah hujan yang diperlukan berkisar antara 1800–2000mm per tahun dengan penyebaran yang merata. Namun, tanaman kelapa sawit toleran dengan curah hujan lebih dari 3500mm per tahun dengan drainase yang baik.

Tanaman kelapa sawit peka terhadap drainase yang buruk dan kekeringan. Potensi hasil akan berkurang apabila terjadi curah hujan kurang dari 100mm per bulan selama lebih dari tiga bulan berturut-turut (*consecutive*). Tanaman kelapa sawit beradaptasi luas pada berbagai jenis tanah, toleran terhadap pH rendah, tetapi kurang tahan terhadap pH yang sangat tinggi (lebih dari 75). Tanaman kelapa sawit menghendaki drainase yang baik.



BAB III

Pembibitan Kelapa Sawit

Tanaman yang berasal dari bibit yang baik akan tumbuh dan berkembang dengan baik dan cepat, serta pada akhirnya akan memproduksi lebih awal, juga memberikan hasil yang lebih tinggi. Untuk mendapatkan bibit yang baik, diperlukan penanganan dan pemeliharaan, di antaranya dengan pemberian pupuk. Bibit kelapa sawit sangat cepat pertumbuhannya dan memerlukan pupuk dalam jumlah, jenis, dan cara aplikasi yang tepat (Lubis 2008).

Kegiatan pembibitan merupakan langkah awal yang sangat menentukan bagi keberhasilan pertanaman. Hal ini juga berlaku dalam budi daya tanaman kelapa sawit. Pertanaman kelapa sawit yang produktivitasnya tinggi selalu berasal dari bibit yang baik. Bibit yang baik, mampu menghadapi keadaan stres pada saat dipindahkan ke lapangan dan tanggap terhadap *input* yang diberikan.

Pembibitan kelapa sawit yang dianjurkan adalah pembibitan dengan menggunakan kantong plastik (*polybag*), dilakukan dua tahap (*double stage system*) yaitu melalui pembibitan awal (*pre-nursery*) dan pembibitan utama (*main-nursery*). Periode pembibitan awal, dimulai sejak penanaman kecambah sampai bibit berumur 3 bulan. Pembibitan utama berlangsung dari bibit umur 3 sampai dengan 12 bulan. Pada periode tersebut tanaman sudah memerlukan tambahan unsur hara. Untuk memberikan keseimbangan unsur hara agar bibit tumbuh dengan baik, diperlukan penambahan unsur hara melalui pemupukan.

3.1 Tujuh Kunci Keberhasilan Pembibitan Kelapa Sawit

Pembibitan merupakan tahap paling awal dalam pengelolaan tanaman kelapa sawit. Pembibitan yang baik diharapkan akan dapat menghasilkan bibit yang baik dan bermutu. Bibit yang baik berarti mempunyai kekuatan tumbuh

dan penampilan yang baik, sedangkan benih bermutu berarti mempunyai sifat genetik yang baik dan benar menurut varietasnya. Bibit yang baik diharapkan lebih berkemampuan dalam menghadapi keadaan stres pada waktu dipindahkan ke lapang dan tanggap terhadap *input* yang diberikan. Tujuh Kunci Keberhasilan Pembibitan Kelapa sawit adalah sebagai berikut (Mutert *et al.* 1999):

1. Memilih tanah lapisan atas (*top soil*) yang subur untuk mengisi *polybag* (misalnya tanah berlempung, jangan menggunakan gambut atau tanah dengan liat yang tinggi).
2. Menentukan sistem irigasi yang tepat, didasarkan pada karakteristik suplai air yang digunakan (bebas dari lumpur dan jumlah air yang tersedia).
3. Menambahkan pupuk fosfor (P) dalam jumlah yang cukup ke dalam tanah yang akan digunakan untuk mengisi *polybag*.
4. Menjaga program aplikasi pemupukan yang telah dirancang dengan baik dan melakukan pemupukan dengan hati-hati untuk menghindari terbakarnya daun. Pemupukan yang berlebihan seyogianya dihindari.
5. Memasang sistem drainase terbuka untuk mencegah genangan air setelah penyiraman. Membuat naungan di *pre nursery* dengan menggunakan paranet dan di *main nursery* dengan menggunakan nipah jika diperlukan.
6. Memusnahkan bibit abnormal (misalnya daun yang sempit, bengkok, tipe tegak, daun keriting).
7. Merencanakan pembuatan pembibitan sehingga ketika bibit siap salur dipindahkan ke lapang, persiapan lahan telah selesai. Sebaiknya tidak menanam bibit yang tua (*over-aged*).

3.2 Pemilihan Benih

Dewasa ini di perkebunan kelapa sawit, baik perkebunan besar swasta maupun negara, bahan tanam yang digunakan adalah benih kelapa sawit Tenera (atau hibrida Dura x Pisifera [DxP]). Tenera merupakan hasil persilangan antara Dura yang mempunyai kernel tebal dan Pisifera yang mempunyai kernel tipis. Walaupun benih hibrida yang dihasilkan memiliki kernel tebal seperti Dura, tetapi buah yang dihasilkan dari hibrida tersebut mempunyai kernel yang tipis,

seperti Tenera (Mutert *et al.* 1999). Benih yang digunakan harus bersertifikat Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan atau dari perusahaan yang memproduksi benih Tenera yang bersertifikat. Alternatif penyediaan bibit di masa yang akan datang adalah bibit yang diproduksi dengan kultur jaringan dari kecambah benih Tenera yang unggul. Benih kelapa sawit bersertifikat diproduksi oleh beberapa produsen benih yang telah mendapat sertifikat dari Kementerian Pertanian Republik Indonesia (Tabel 3).

Tabel 3 Produsen benih kelapa sawit bersertifikat

No	Perusahaan	No	Perusahaan
1	Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan	6	PT Sarana inti Pratama
2	PT Socfin Indonesia	7	PT Bakti Tani Nusantara
3	PT London Sumatera	8	PT Bina Sawit Makmur
4	PT Tunggal Yunus Estate	9	PT Tania Selatan
5	PT Dami Mas Sejahtera	10	PT Sarana Mekarsari

3.3 Pemilihan Lokasi

Idealnya, pembibitan harus terletak pada areal yang datar, tanahnya subur, gembur, berdrainase baik, memiliki akses yang baik, dan berada di tengah areal penanaman yang akan ditanami. Ketersediaan air yang cukup menjadi persyaratan utama yang harus dipenuhi sebagai areal pembibitan. Lapisan *top soil* (lapisan atas) harus dalam sehingga dapat menjamin ketesediaan tanah untuk mengisi *polybag*, sekurang-kurangnya untuk tiga kali periode pembibitan.

3.4 Tipe Pembibitan

Pembibitan kelapa sawit dapat dilakukan dengan dua tahap (*double stage*), yaitu tahap pengecambahan (*Pre Nursery*) dan tahap pembibitan utama (*Main Nursery*). Pembibitan dua tahap lebih disukai karena membutuhkan lahan dan irigasi yang lebih sedikit. Dengan demikian, pemeliharaan lebih efisien dan seleksi bibit dapat dilakukan sejak awal. Kelemahan dari pembibitan dua tahap adalah bibit mengalami *stress* pada saat pemindahan dari pengecambahan ke pembibitan utama.

3.4.1 Pre-Nursery: Bahan, Persiapan, Pelaksanaan

Pada tahap pertumbuhan awal, keperluan unsur hara tanaman dapat disediakan dari cadangan makanan yang ada dalam *endosperm*, selanjutnya secara berangsur-angsur tanaman mulai mengambil unsur hara dari dalam tanah. Pembibitan pendahuluan (*pre nursery*) bertujuan memperoleh bibit yang merata pertumbuhannya sebelum dipindahkan ke pembibitan utama (*main nursery*). Lokasi yang dijadikan sebagai tempat pembibitan pendahuluan yaitu dekat sumber air dan jalan, areal rata dengan drainase baik, jauh dari gangguan ternak, serta di dalam areal yang akan ditanami (Yahya 1992).

Pre Nursery atau bedengan pengecambahan, umumnya berukuran 10 m (panjang) x 1,2 m (lebar), dapat menampung 1.000 kecambah (100 x 10) yang ditanam dalam *polybag* hitam berukuran 15 cm x 23 cm. *Polybag* tersebut harus diberi lubang drainase dengan jarak antar lubang 5 cm sebanyak dua baris dari bawah. Tanah yang digunakan untuk mengisi *polybag* adalah *top soil* yang sudah dibersihkan dari sisa-sisa akar, gulma, dan telah disaring dengan menggunakan ayakan (ukuran diameter lubang 5 mm). Sebelum dimasukkan ke dalam *polybag*, tanah tersebut dicampur dengan pupuk *Rock Phospat* dengan dosis 25 g per *polybag*. *Polybag* diisi dengan tanah yang telah diberi pupuk sampai ketinggian 2 cm dari tepi *polybag*. *Polybag* harus disiapkan empat minggu sebelum penanaman kecambah dan dijaga agar tanah dalam *polybag* selalu dalam keadaan kapasitas lapang (Mutert *et al*, 1999). Prosedur penanaman kecambah di *pre nursery* adalah sebagai berikut:

1. Kecambah yang diterima harus disimpan di tempat yang teduh dan sejuk, hindari terkena cahaya matahari secara langsung. Jaga agar kecambah tetap lembab dengan memercikkan air secukupnya.
2. Tim penanam terdiri atas dua orang, satu orang meletakkan kecambah di dalam *polybag* dengan bagian radikula (akar) mengarah ke dalam tanah dengan kedalaman 2 (dua) cm, orang kedua memeriksa benih agar yakin bagian radikula mengarah ke bawah dan *plumule* (bakal) daun mengarah ke bagian atas, menutup kecambah dengan hati-hati agar *plumule* tidak tertutup tanah.
3. Kantong benih diperiksa dan dihitung kecambah yang rusak atau kecambah dengan *poli embryo*. Kemudian dicatat dan sertifikat benihnya disimpan dengan baik jangan sampai hilang karena akan diperlukan pada saat di audit oleh auditor *Roundtable Sustainable Palm Oil* (RSPO) ataupun oleh auditor *Indonesian Sustainable Palm Oil* (ISPO).

4. Kecambah segera disiram air setelah penanaman dengan hati-hati agar kecambah tidak berubah posisinya atau tanah penutup kecambah terbuka.

Apabila tingkat radiasi matahari dan suhu pada waktu siang hari sangat tinggi, diperlukan naungan selama 6 (enam) minggu, setelah itu naungan dikurangi dan selanjutnya dibuka seluruhnya agar bibit mulai beradaptasi dengan lingkungan. Naungan dapat dibuat dari bambu dengan atap alang-alang atau pelepah kelapa sawit. Namun, di perkebunan besar dapat menggunakan paranet sebagai naungan dengan tingkat naungan sekitar 40 persen.

Bibit yang masih di *pre nursery* (pengecambahan) perlu disiram setiap hari. Apabila curah hujan kurang dari 10 mm per hari maka irigasi diperlukan. Dianjurkan, agar penyiraman menggunakan *sprinkler* dan dengan kebutuhan air penyiraman setara dengan 6.5 mm air per hari. Penyiraman secara manual dapat dilakukan dalam skala kecil (kurang dari 1 ha). Penyiraman dilakukan secara hati-hati agar tidak terjadi kelebihan air yang memungkinkan tanah bagian atas tererosi sehingga dapat menyebabkan lapisan di permukaan dan akar menjadi rusak (Mutert *et al.* 1999). Pemeliharaan di *pre nursery* terdiri atas pengendalian gulma, pengendalian hama, dan penyakit.

Pengendalian Gulma, apabila perlu dilakukan, sebaiknya dikerjakan secara manual untuk menghindari kerusakan bibit. Aturan utamanya hindari penggunaan herbisida untuk mengendalikan gulma pada waktu di *pre nursery*.

Pengendalian hama, akan lebih efektif jika menggunakan *Early Warning System* (Sistem Pengendalian Dini) dan pencegahan dengan menggunakan pestisida—apabila sudah jelas hama yang menyerang di *pre nursery*. Pestisida yang dapat digunakan yaitu *Carbofuran* untuk mengendalikan hama dan *Metamidofos* untuk mengendalikan insek yang menyerang daun.

Pengendalian penyakit, sangat mungkin dilakukan di *pre nursery* terutama jika keadaan panas dan kelembaban tinggi. Selama tahap awal perkembangan, cara yang terbaik untuk mengendalikan penyakit daun adalah mengurangi naungan dan memperbaiki sirkulasi udara. Untuk pencegahan, dapat dilakukan dengan menggunakan fungisida Benomil 50% sebanyak 2,5 g/l air, Captan 50%, 5 g/l atau Clorotalonil 40%, 2 g/l air, dan dimulai pada umur 25 hari di *pre nursery* (Mutert *et al.* 1999).

Bibit di *pre nursery* yang telah mempunyai empat daun (umur 10 sampai 14 minggu setelah penanaman kecambah) sudah dapat dipindahkan ke pembibitan utama (*main nursery*), setelah naungan dibuka secara bertahap dan bibit telah beradaptasi dengan cahaya matahari langsung serta telah diseleksi. Bibit yang tidak normal (*abnormal*) seperti kerdil, bedaun keriting, dan bengkok harus dimusnahkan.

3.4.2 Pembibitan Utama (*Main Nursery*)

Tujuan penggunaan teknik pembibitan utama (*main nursery*) adalah mendapatkan bibit yang vigor (kuat dan besar) sebelum ditanam di lapangan—agar pertumbuhan bibit seragam. Pembibitan utama ini menggunakan *polybag* besar dengan ukuran 40 cm x 50 cm dan tebal 0.02 cm. Media tanaman yang digunakan sebaiknya adalah tanah yang berkualitas baik, misalnya tanah bagian atas (*top soil*) yang umumnya diambil pada ketebalan 10–20 cm. Tanah yang digunakan harus memiliki struktur yang baik, gembur, dan bebas kontaminasi. Bila tanah yang akan digunakan kurang gembur, dapat dicampur pasir dengan perbandingan pasir : tanah, 1 : 3 (kadar pasir tidak melebihi 60%). Sebelum dimasukkan ke dalam *polybag*, campuran tanah dan pasir harus diayak terlebih dahulu. Proses pengayakan bertujuan membebaskan media tanam dari sisa-sisa kayu, batuan kecil, dan material lainnya (Mutert *et al.* 1999).

Bibit dari *pre nursery* dipindahkan ke dalam *polybag* di *main nursery*. Kedalaman lubang pada *polybag* adalah 25 cm yang dibuat dengan menggunakan sekop kecil atau kayu bulat. Bibit dari *polybag pre nursery* dikeluarkan secara hati-hati dengan cara menyobek *polybag* bagian bawah, kemudian ditanam di *polybag main nursery* yang ukurannya lebih besar. Untuk mencegah *stress*, bibit diberi naungan sementara yang dibuat dari pelepah kelapa sawit dan segera disiram. Selain itu, perlu diberikan mulsa (potongan jerami, daun alang-alang, dan kulit biji kelapa sawit) pada permukaan tanah di *polybag* untuk menghindari erosi dan tanah yang menempel pada daun saat penyiraman atau hujan serta. Mulsa juga dapat berfungsi untuk mengendalikan pertumbuhan gulma.

Pemupukan dan Manajemen Pupuk. Kecuali untuk unsur P, kahat hara pada tanaman dapat diperbaiki melalui permukaan atau aplikasi pupuk daun (*foliar application*) pada tanaman di *main nursery*. Jumlah pupuk fosfor yang dibutuhkan (misalnya 300 g P₂O₅ per ton tanah) diberikan dan dicampur dalam tanah sebelum diisikan ke dalam *polybag*. Pupuk majemuk butiran

(*granular*) sering digunakan sebagai pupuk yang dapat menyediakan semua kebutuhan tanaman dengan aplikasi yang sederhana. Namun demikian, harga dari pupuk majemuk ini relatif lebih mahal dibandingkan dengan pupuk tunggal. Pupuk majemuk yang sering digunakan oleh perkebunan besar adalah NPKMg 15-15-6-4 (N-P₂O₅-K₂O-MgO) dan NPKMg+unsur mikro (N-P₂O₅-K₂O-MgO+Boron (B), seng (Zn), mangan (Mn). Namun, pupuk majemuk tersebut sulit diperoleh oleh petani karena persediaan terbatas dan harganya mahal (Mutert *et al.* 1999).

Memperhatikan ketersediaan pupuk majemuk NPKMg yang terbatas untuk petani, alternatifnya dapat digunakan pupuk tunggal, seperti Urea (46 % N), SP 36 (36% P₂O₅), KCl (60% K₂O), dan Dolomit (20% CaO dan 24% MgO). Keempat sumber pupuk tersebut lebih mudah diperoleh oleh petani dan harganya relatif lebih murah.

Pengendalian Gulma. Gulma (*weed*) adalah tumbuhan pengganggu yang tidak dikehendaki karena merugikan bagi tanaman. Gulma yang tumbuh di dalam *polybag* harus dibersihkan secara manual, herbisida tidak digunakan untuk mengendalikan gulma di dalam *polybag*. Apabila herbisida diperlukan untuk mengendalikan gulma yang tumbuh di tanah sekitar *polybag*, herbisida Gramoxone dan Diuron WP dapat digunakan, tetapi harus digunakan dengan sangat hati-hati untuk menghindari kerusakan pada bibit.

Pengendalian Hama (*Pest Control*). Beberapa insek (seperti semut, kutu aphid, thrip, belalang) dan vertebrata (seperti tikus) umum dijumpai di areal perkebunan kelapa sawit—harus diidentifikasi sebelum penggunaan pestisida. Pestisida yang dapat digunakan adalah pestisida yang sudah terdaftar di Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Pengendalian Penyakit. Penyakit yang menyerang bibit dan tanaman muda dapat menyerang bibit di pembibitan utama. Beberapa penyakit yang biasa menyerang tanaman kelapa sawit yakni disebabkan oleh *Blomerella cingulata*, *Botryodiplodia spp.*, *Melanconium spp.*, blast, *Curvularia* blight, *Corticium leaf spot*, *Helminthosporium*, dan spear atau bud rot (*Fusarium spp.*). Penggunaan pestisida dapat digunakan pada bibit yang memiliki 6 buah pelepah daun. Pencegahan dapat dilakukan apabila muncul gejala adanya penyakit yang telah diidentifikasi jenis penyakitnya. Penyakit yang ditimbulkan oleh cendawan, dikendalikan dengan fungisida yang telah terdaftar di Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Gangguan Lain. Setelah bibit berumur delapan bulan di *main nursery*, tanaman sehat dapat mencapai tinggi 0,8 sampai 1 m dan memiliki 5 sampai 8 daun dengan daun tengah membentuk sudut 45 derajat dengan *axis* tanaman dan anak daun telah pecah serta membentuk sudut 60 derajat dengan *rachis*. Bibit abnormal tidak akan memberikan hasil yang menguntungkan secara ekonomi—harus dimusnahkan agar tidak ditanam di lapang. Kelainan bibit yang paling sering dijumpai di pembibitan adalah

- pelepah daun dengan sudut yang sempit,
- anak daun tidak terbuka,
- anak daun yang menggulung,
- anak daun sempit dan runcing.

Bibit harus diseleksi secara ketat selama di *main nursery*. Bibit afkir harus dimusnahkan di lokasi pembibitan agar tidak ditanam. Jumlah bibit yang afkir dapat mencapai 15 sampai 30 persen. Jika lebih dari 30 persen, berarti benih yang digunakan kurang baik dan perlu pertimbangan ulang untuk penanaman di lapang.

Standar Bibit. Bibit yang baik harus memenuhi kriteria pertumbuhan sesuai dengan umur bibit. Peubah yang umum menjadi kriteria pertumbuhan bibit yang baik ialah tinggi tanaman (cm), jumlah pelepah daun, dan diameter batang. Standar pertumbuhan bibit bergantung pada varietasnya. Standard bibit untuk varietas Dami Mas disajikan pada tabel 4.

Tabel 4 Standar pertumbuhan morfologi varietas Dami Mas

Umur (bulan)	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (helai)	Diameter batang (cm)
1	8,4	2,0	0,4
2	17,7	3,0	0,5
3	27,8	4,0	0,9
4	33,0	6,5	1,3
5	40,0	8,5	1,6
6	57,6	11,1	2,2
7	75,9	13,3	4,1
8	87,9	15,2	5,5
9	102,5	17,1	6,1
10	104,2	18,8	7,6
11	142,2	20,4	7,6
12	159,6	22,5	8,0

Sumber : PT. Dami Mas Sejahtera, Riau

BAB IV

Unsur Hara Makro dan Pupuk Organik

Untuk tumbuh dan berproduksi dengan baik, tanaman memerlukan pupuk. Tiga hal/alasan utama tanaman memerlukan pupuk yaitu. *Pertama*, untuk mengganti unsur hara yang terangkut pada saat panen. *Kedua*, untuk mengembalikan unsur hara yang hilang karena pencucian dan erosi. *Ketiga*, untuk memenuhi hara yang dibutuhkan oleh tanaman yang tidak tersedia di tanah (Cooke 1982). Sementara menurut Goh *et al.* (1994), jumlah hara yang dibutuhkan tanaman kelapa sawit untuk tumbuh dan berproduksi dengan baik berturut-turut adalah kalium (K), nitrogen (N), kalsium Ca), magnesium (Mg), dan fosfor (P).

4.1 Nitrogen

Nitrogen merupakan komponen penting sebagai penyusun protein, asam amino, asam nukleat, nukleotida, dan khlorofil (IFA 2007). Nitrogen yang diserap oleh tanaman diasimilasi menjadi asam amino, kemudian membentuk protein dan asam nukleat. Nitrogen juga menjadi bagian integral dari klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis (Barker dan Pilbeam 2006).

Kekurangan nitrogen memengaruhi perkembangan dan fungsi kloroplas dan protein akan terhidrolisa menjadi asam amino yang ditranslokasikan ke jaringan daun muda. Selanjutnya, pertumbuhan tanaman akan lambat dan kerdil. Gejala kahat terlihat pada daun tua, daun berwarna hijau pucat, dan daun menjadi kuning pucat atau kuning cerah (klorosis), kemudian tanaman akan mengalami nekrosis.

Toksitas nitrogen dapat mengakibatkan penurunan hasil dan tanaman menjadi rentan terhadap serangan hama penyakit. Sementara itu, kelebihan nitrogen yaitu dapat menginduksi kahat Boron (B) dan *white stripe*. Aplikasi nitrogen yang berlebihan dapat mengakibatkan pencemaran air tanah dan air sungai melalui *run off* dan *leaching*.

Nitrogen diserap oleh akar tanaman dalam bentuk anorganik yaitu amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-). NO_3^- merupakan ion yang sangat mobil di dalam tanah, hal ini karena sifatnya yang mudah larut dan tidak terjerap (adsorpsi) oleh koloid tanah (Geisler dan Venema 2011). Sebagian besar (98.8%) *nitrogen mengalir* menuju permukaan akar melalui mekanisme aliran massa (Marschner 1995). Setelah terjadinya proses penyerapan, NO_3^- yang berada dalam sitoplasma sebagian kecil disimpan dalam vakuola dan sisanya direduksi menjadi bentuk ion NO_2^- . Selanjutnya, masuk ke dalam organel plastida akar dan kemudian diubah lagi menjadi bentuk NH_4^+ . Ion NH_4^+ ini bergabung dengan senyawa organik (glutamin) untuk membentuk asam amino yang digunakan sebagai dasar molekuler untuk pertumbuhan dan perkembangan (Rubio *et al.* 2009).

4.2 Fosfor

Fosfor adalah unsur esensial dalam reaksi biokimia, termasuk proses fotosintesis dan respirasi. Fosfor merupakan komponen utama dari Adenosin Difosfat (ADP) dan Adenosin Trifosfat (ATP). ADP dan ATP ini digunakan untuk mensuplai energi dalam reaksi biokimia pada tumbuhan. Fosfor merupakan komponen struktural fosfolipid, asam nukleat, nukleotida, koenzim, dan phosphoprotein. Fosfolipid penting dalam struktur membran. Asam nukleat dari gen dan kromosom membawa materi genetik dari sel ke sel. Fosfor anorganik dan organik pada tanaman juga berfungsi sebagai buffer dalam mempertahankan pH seluler (Hazelton dan Murphy 2007).

Fosfor ketersediaannya di dalam tanah sangat dipengaruhi oleh pH. Ketersediaan fosfor maksimum berada antara pH 5,5–7,5 Tanah masam dengan pH kurang dari 5,5 dapat meningkatkan kelarutan Al dan Fe tinggi sehingga berpresipitasi dengan fosfor dan menghambat ketersediaan fosfor. Pada Kondisi basa (pH > 7,5), kalsium berada dalam jumlah banyak sehingga dapat mengikat fosfor yang mengakibatkan ketersediaan fosfor menurun (White 2006). Mobilitas ion-ion P dalam tanah sangat rendah karena diretensi dengan kuat. Oleh karena itu, *recovery rate* dari pupuk fosfor sangat rendah antara 10%–30%, sisanya 70%–90% tertinggal dalam bentuk imobil atau hilang karena erosi (Leiwkabessy dan Sutandi 2004).

Tanaman menyerap fosfor dalam bentuk P anorganik (*Pi*). Reaktivitas *Pi* (dalam tanaman) dengan kation dalam tanah relatif tinggi dan terjadinya perubahan yang cepat menjadi bentuk organik oleh mikroba maka *Pi* pada umumnya tidak tersedia dalam jumlah cukup untuk tanaman (Bunemann *et al.* 2011). Fosfor digunakan sepenuhnya dalam bentuk teroksidasi dan terhidrasi dalam bentuk orthophosphate. Fosfor diabsorpsi oleh akar tanaman dari larutan tanah, sebagian besar dalam bentuk ion ortofosfat primer (H_2PO_4^-) dan sebagian kecil dalam bentuk ion ortofosfat sekunder (HPO_4^{2-}). Serapan kedua ion tersebut tergantung pada pH di daerah perakaran. Dalam keadaan pH tanah rendah, bentuk H_2PO_4^- lebih banyak diserap daripada dalam bentuk HPO_4^{2-} , sedangkan pada pH tinggi terjadi hal sebaliknya (Barker dan Pilbeam 2006).

Bentuk fosfor lain yang diserap oleh tanaman yaitu dalam bentuk pyrofosfat dan metafosfat. Kedua bentuk ini umumnya dijumpai dalam pupuk fosfor. Total fosfor dalam jaringan tanaman berkisar 0.1–1%, dengan persentase pembagian sebesar 0.004% P sebagai DNA, 0.04% P sebagai RNA, 0.03% P sebagai lipid, 0.02% P sebagai ester, dan 0.13% sebagai P anorganik.

Marschner (1995) menyatakan bahwa fosfor menuju ke daerah perakaran sebagian besar (93%) melalui mekanisme difusi, intersepsi akar (2%), dan melalui proses aliran massa (5%). Setelah P tersedia dalam larutan tanah, *Pi* masuk ke dalam tanaman melalui jalur simplas. Pertama, *Pi* melintasi membran sel epidermis akar melawan gradien konsentrasi secara *cotransport*. Kemudian, *Pi* bergerak dari sel epidermis melalui korteks menuju endodermis dan perisikel. Selanjutnya, *Pi* ditranslokasikan ke xilem.

Kahat atau kekurangan fosfor berbeda dengan nitrogen, kahat P tidak menunjukkan gejala secara spesifik di daun. Sementara, kekurangan fosfor pada tanaman kelapa sawit dapat menyebabkan penurunan panjang pelepah daun. Gejala kahat lainnya menunjukkan pelepah daun berwarna hijau tua dan pertumbuhan terhambat. Batang berbentuk piramida, diameter batang, dan jumlah Tandan Buah Segar (TBS) menurun. Kahat P dalam tanaman menyebabkan pertumbuhan *ratio* akar terhadap pucuk lebih besar, hal ini karena proporsi asimilat untuk pertumbuhan akar yang dialokasikan lebih besar dibandingkan dengan pucuk (Goh dan Hardter 2003).

Tanggap adaptif tanaman terhadap kahat hara menyebabkan persaingan “*sink*” yang kuat dan transfer asimilasi ke akar, inisiasi bunga berkurang, terjadinya aborsi bunga, batang berbentuk piramida, dan hasil (CPO) menurun (Goh dan Hardter 2003). Corley dan Tinker (2003) mengemukakan bahwa toksisitas fosfor dapat menyebabkan keracunan pada akar tanaman kelapa sawit sehingga dapat menekan pertumbuhan, memperlambat penyerapan, dan translokasi hara-hara mikro (seperti Cu, Zn, dan Fe), terutama pada tanah berpasir dan tanah gambut.

4.3 Kalium

Kalium merupakan satu-satunya kation monovalen yang esensial bagi tanaman. Kalium berperan sebagai aktivator berbagai enzim, translokasi hasil asimilasi, dan pembentukan protein serta karbohidrat. Kalium dalam jumlah yang cukup akan menjamin ketegaran tanaman dan merangsang pertumbuhan akar. Kalium yang diserap tanaman kelapa sawit digunakan untuk membentuk bagian vegetatif dan minyak (Thombo dan Souza 1977). Kalium juga berfungsi mengatur keseimbangan garam, air, tekanan osmotik sel tanaman dan membantu proses pembentukan serta translokasi karbohidrat. Disamping itu, Kalium berfungsi meningkatkan ketahanan terhadap penyakit, merangsang perkembangan akar, dan mengatur serapan hara lainnya.

Tanaman menyerap Kalium dalam bentuk ion K^+ . Pergerakan kalium di dalam tanah menuju daerah perakaran tanaman yaitu melalui proses difusi dan aliran massa (Tisdale *et al.* 1985). Kalium yang diperlukan tanaman diserap melalui kontak langsung antara akar dan partikel tanah hanya sebagian kecil, berkisar antara 6–10% dari total. K^+ yang tersedia dalam jumlah besar dalam larutan tanah atau kompleks pada permukaan luar dapat menyebabkan tanaman menyerap kalium dalam jumlah yang berlebihan atau terjadi konsumsi mewah (*luxurary consumption*).

Soepardi (1983) menyatakan, absorpsi unsur kalium oleh tanaman dipengaruhi oleh jumlah K^+ tersedia bagi tanaman. Ketersediaan kalium dalam tanah digolongkan menjadi tiga bentuk, yaitu kalium tidak tersedia, lambat tersedia, dan mudah tersedia. Semakin besar jumlah kalium tersedia maka akan semakin besar pula kalium yang diserap oleh tanaman. Kecenderungan ini disebut dengan konsumsi berlebihan (*luxury consumption*) karena serapan yang besar pada tanaman tidak diikuti peningkatan ketersediaannya (Buckman

dan Brady 1982; Glendinning 1986). Kalium diabsorpsi oleh tanaman dalam bentuk K^+ secara difusi dan dijumpai dalam berbagai kadar di dalam tanah. Penambahan kalium dalam tanah biasanya dalam bentuk tabur atau cair seperti KCl , K_2O , dan KNO_3 . Gejala kekurangan kalium pada tanaman terlihat pada bagian pinggir, ujung, permukaan daun berwarna kuning, gejala klorotik yang tidak merata, laju pertukaran CO_2 menurun, translokasi hasil asimilasi, pengambilan nitrogen, dan pembentuk protein juga menurun (Soepardi 1983).

4.4 Kalsium

Kalsium berperan sebagai penyusun dinding sel, terutama sebagai substansi perekat, Ca-pektat. Kalsium juga ditemukan dalam bentuk Ca-oksalat dan Ca-karbonat dalam vakuola (garam-garam ini menetralkan penyusun asam-asam organik) sehingga tidak bersifat racun. Kalsium merupakan unsur esensial untuk pembelahan dan pemanjangan sel. Kahat Ca menyebabkan meristem tanaman (akar, pucuk, buah, dan nodul) mengalami kelainan bentuk dan ujung cabangnya mati. Kalsium juga berfungsi dalam pengaturan selektifitas membran sel (Gardner *et al.* 1991).

Kalsium sebagian besar berada dalam vakuola tengah dan terikat pada dinding sel dalam polisakarida pektat. Kalsium sering berada dalam bentuk endapan kristal oksalat dan pada beberapa spesies tanaman dalam bentuk Ca-karbonat, fosfat, atau sulfat tidak larut. Kadar Ca^{2+} yang rendah dalam sitosol harus dijaga untuk mencegah terbentuknya garam kalsium tidak larut dengan ATP dan fosfat organik lain.

Gejala kahat kalsium pertama kali muncul pada bagian tanaman yang lebih muda (sebagai daun yang berubah bentuk dan mengalami klorosis), sedangkan pada jaringan yang lebih tua jarang terlihat gejala kahat. Kalsium bersifat imobil, tidak didistribusikan kembali ke jaringan yang lebih muda. Oleh karena itu, daun muda dan buah yang sedang berkembang secara penuh tergantung pada translokasi kalsium dalam aliran transpirasi dari xylem (Gardner *et al.* 1991).

Kalsium diserap oleh tanaman dalam bentuk kation bivalen Ca^{2+} . Pengambilan dan transfer kalsium terjadi secara pasif, pemasukan ke dalam silinder pusat melalui ruang bebas dan gerakan ke atas dengan aliran transpirasi (Gardner *et al.* 1991). Kadar kalsium rata-rata 0,5% dari bobot kering tanaman, banyak

terdapat dalam daun dan pada beberapa jenis tanaman mengendap sebagai Ca-oksalat dalam sel. Kekurangan kalsium akan menyebabkan terhentinya pertumbuhan tanaman akibat terganggunya pertumbuhan pucuk tanaman dan ujung-ujung akar (titik-titik tumbuh), serta jaringan penyimpanan. Hal ini sebagai konsekuensi rusaknya jaringan meristematik akibat rusaknya permeabilitas dan struktur membran sel. Pada tanaman kelapa sawit kadar unsur Ca sebesar 0,14% pada bibit dan 0,25% pada tanaman dewasa (Ng *et al.* 1968), sedangkan kadar Ca pada tandan buah antara 0,06–0,29%.

Kalsium tidak ditranslokasikan dalam floem, akibatnya gejala kahat selalu lebih jelas terlihat pada jaringan muda. Meristematik di bagian akar, batang, dan daun yang selnya aktif membelah merupakan bagian paling peka karena kalsium dibutuhkan untuk membentuk lamella tengah baru. Jaringan yang mengkerut dan berubah bentuk disebabkan kekurangan kalsium dan daerah meristematik mati lebih awal (Salisbury dan Ross 1995).

Sumber utama kalsium tanah adalah kerak bumi yang mengandung 3,6% kalsium. Mineral utama yang banyak mengandung kalsium adalah kalsit (CaCO_3) dan dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Mineral tersebut merupakan penyusun batuan sedimen limestone dan dolomit. Kadar kalsium tanah mineral rata-rata adalah 0.40% pada lapisan tanah atas, sedangkan pada tanah-tanah organik kadarnya lebih tinggi yaitu dapat mencapai 2,80%. Tingginya kadar kalsium pada tanah organik karena berasal dari air yang mengalir yang banyak membawa kapur di dalamnya (Hakim 1986). Umumnya, tanah mengandung cukup Ca^{2+} untuk menyokong pertumbuhan tanaman dengan baik, namun tanah asam akibat curah hujan yang tinggi perlu dipupuk dengan kapur (campuran CaO dan CaCO_3) untuk menaikkan pH.

4.5 Magnesium

Magnesium berperan sebagai atom pusat dari molekul klorofil, pigmen hijau dalam daun berfungsi merubah energi cahaya menjadi energi kimia selama proses fotosintesis. Kandungan magnesium dalam jaringan tanaman sekitar 10–35% berada dalam molekul klorofil (Goh dan Hardter 2010). Magnesium merupakan pusat molekul klorofil yang merupakan chelat-Mg dalam kloroplas. Selain itu, magnesium juga membentuk chelat dengan ADP, ATP, dan asam-asam organik sehingga sangat berperan dalam berbagai reaksi enzimatik.

Gejala kahat magnesium pada tanaman muncul dengan adanya klorosis antara urat pada daun, kemudian terlihat pada daun yang muda. Magnesium bersifat mobil seperti kalium (akan bergerak dalam jaringan tanaman). Dalam kondisi kekurangan, pada daun tua gejala yang pertama dapat diamati. Pada tanaman kelapa sawit gejala kahat magnesium disebut dengan istilah “*orange frond disease*”. Gejala ditandai dengan munculnya klorosis pada anak daun (*leaflet*), berupa bercak atau garis tipis berwarna kuning. Bercak terdapat diantara tulang-tulang daun pada bagian ujung anak daun. Selanjutnya, berkembang (menyebarkan) ke arah pangkal daun diikuti perubahan warna bercak dari kuning menjadi *orange*. Gejala dapat mengenai sebagian atau seluruh anak daun dari satu pelepah, tergantung dari tingkat kekahatan. Pada tingkat kekahatan berat, klorosis diikuti oleh nekrosis.

Sumber utama magnesium di dalam tanah cukup beragam, antara lain dalam bentuk biotit, dolomit, augit, suspentin, dan olivin. Kadar magnesium di dalam tanah sangat bervariasi dan tergantung pada mineral primernya. Kadar magnesium dalam tanah berkisar antara 1,93–2,1% dari total bobot tanah. Rataan kadar magnesium pada lapisan *top soil* adalah 0,30% dari total bobot tanah (Hakim *et al.* 1986). Magnesium tanah juga ditemukan dalam mineral sekunder (yaitu montmorilonit, illit, dan vermikulit).

Magnesium dapat dibedakan menjadi bentuk-bentuk (1) larut dalam air, (2) dapat dipertukarkan, (3) dalam kisi mineral tipe 2 : 1, dan (4) terikat dalam mineral primer. Akibat proses pelapukan mineral-mineral, magnesium tersebut menjadi bebas dalam larutan tanah. Hal ini dapat menyebabkan magnesium (a) hilang akibat perkolasi, (b) diserap oleh tanaman, (c) diabsorpsi oleh partikel liat, dan (d) diendapkan menjadi mineral sekunder. Ketersediaan magnesium akan berkurang pada tanah-tanah yang mempunyai kemasaman tinggi karena adanya sejumlah besar mineral liat tipe 2 : 1. Dengan adanya mineral liat ini maka magnesium akan terserap diantara kisi-kisi mineral tersebut. Selanjutnya, ketersediaan magnesium tanah juga akan berkurang karena hilang dari tanah akibat erosi, pencucian, dan diangkut oleh tanaman (Hakim *et al.* 1986).

Transfer Mg^{2+} dari tanah ke tanaman terjadi secara aktif dan pasif. Transfer terutama terjadi di dalam aliran transpirasi. Walaupun demikian, magnesium dalam tanaman lebih mobil dibandingkan dengan kalsium dan terdapat lebih banyak magnesium di dalam floem (transpor aktif) dibandingkan dengan

kalsium. Kadar magnesium pada tanaman kelapa sawit sekitar 0.16% pada tanaman dewasa dan sekitar 0.22% pada bibit kelapa sawit. Kadar magnesium pada bagian atas (daun) lebih tinggi daripada bagian bawah (Ng *et al.* 1968).

4.6 Pupuk Majemuk NPK

Pupuk majemuk adalah pupuk yang mengandung dua atau lebih unsur hara dengan jumlah yang berbeda pada setiap kemasannya, misalnya NPK 10-14-10 yang menunjukkan kandungan N, P₂O₅, dan K masing-masing adalah 10, 14, dan 10% (Taiz dan Zeiger 2002). Munawar (2011) mengemukakan, pupuk NPK merupakan salah satu pupuk majemuk yang sering digunakan dalam budi daya tanaman kelapa sawit. Ketersediaan pupuk di pasar tidak selalu mudah diperoleh sehingga diperlukan berbagai alternatif jenis pupuk yang dapat digunakan untuk pemupukan tanaman. Pupuk majemuk dapat digunakan sebagai alternatif untuk substitusi atau dikombinasikan dengan pupuk tunggal.

Pupuk majemuk memiliki keunggulan dibandingkan dengan pupuk tunggal, yaitu lebih praktis dalam pemasaran, transportasi, penyimpanan, dan aplikasinya di lapangan karena satu jenis pupuk majemuk mengandung keseluruhan atau sebagian besar hara yang dibutuhkan tanaman. Satu hal yang perlu diperhatikan adalah dosis aplikasi pupuk majemuk harus selalu memperhatikan jumlah hara yang diperlukan tanaman (Sutarta *et al.* 2005).

Unsur hara nitrogen bersama-sama fosfor dan kalium disebut sebagai hara primer karena merupakan unsur yang menjadi faktor pembatas pertumbuhan tanaman. Selanjutnya Lubis (2008) mengemukakan bahwa interaksi antara unsur N, P, dan K sangat nyata berbeda serta bibit sangat peka terhadap perubahan perimbangan antara unsur-unsur hara.

Ketersediaan hara di dalam tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor yang saling berkaitan satu dengan lainnya, seperti pH tanah, KTK tanah, komposisi kation berkaitan dengan efek sinergisme ataupun antagonisme di dalam tanah. Dengan demikian, penggunaan satu unsur hara perlu mempertimbangkan unsur hara lainnya agar hara tersebut berada dalam kondisi yang optimum di dalam tanah untuk dapat diserap tanaman.

Penggunaan pupuk majemuk secara terus menerus (dengan dosis yang meningkat setiap tahunnya), justru dapat menyebabkan tanah menjadi keras dan keseimbangan unsur hara tanah terganggu (Parnata 2010). Hal ini tentu saja tidak menguntungkan bagi pertanian yang berkelanjutan. Meningkatnya kemasaman tanah akan mengakibatkan ketersediaan hara dalam tanah semakin berkurang dan dapat mengurangi umur produktif tanaman.

4.7 Pupuk Organik

Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan, bagian hewan, limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair, dan/atau dapat diperkaya dengan bahan mineral atau mikroba, bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia serta biologi tanah (Permentan (2007). Dijelaskan juga oleh Wigati *et al.* (2006) bahwa bahan organik merupakan zat perekat yang dapat memperbaiki struktur tanah dalam proses peruraiannya dapat menghasilkan karbondioksida, air, dan unsur hara.

Pupuk organik merupakan hasil akhir dari proses dekomposisi bagian atau sisa tanaman dan binatang, seperti pupuk kandang, pupuk hijau, kompos, bungkil, guano, tepung tulang, dan lain sebagainya. Limbah atau kotoran hewan merupakan bahan organik yang paling baik untuk pupuk dan sangat bermanfaat bagi tanah pertanian (Yuliarti 2009). Sisa tumbuhan dan hewan mengandung banyak unsur hara dalam bentuk organik. Sebelum diserap tanaman, bahan organik tersebut harus didekomposisi terlebih dahulu dengan bantuan mikroorganisme, kemudian menjadi bentuk unsur anorganik, proses ini disebut dengan mineralisasi (Taiz dan Zeiger 2002).

Penambahan bahan organik dapat memperbaiki sifat fisik tanah seperti meningkatkan kapasitas air, buffer, KTK, dan porositas tanah. Sementara itu, dari aspek kimia tanah, penambahan bahan organik dapat meningkatkan pH tanah, ketersediaan hara makro, dan mikro. Selain itu, bahan organik juga dapat memperbaiki sifat biologi tanah, seperti meningkatnya pertumbuhan makro dan mikroorganisme di dalam tanah (Parnata 2010; Makinde *et al.* 2011; Leszczynska dan Malina 2011).

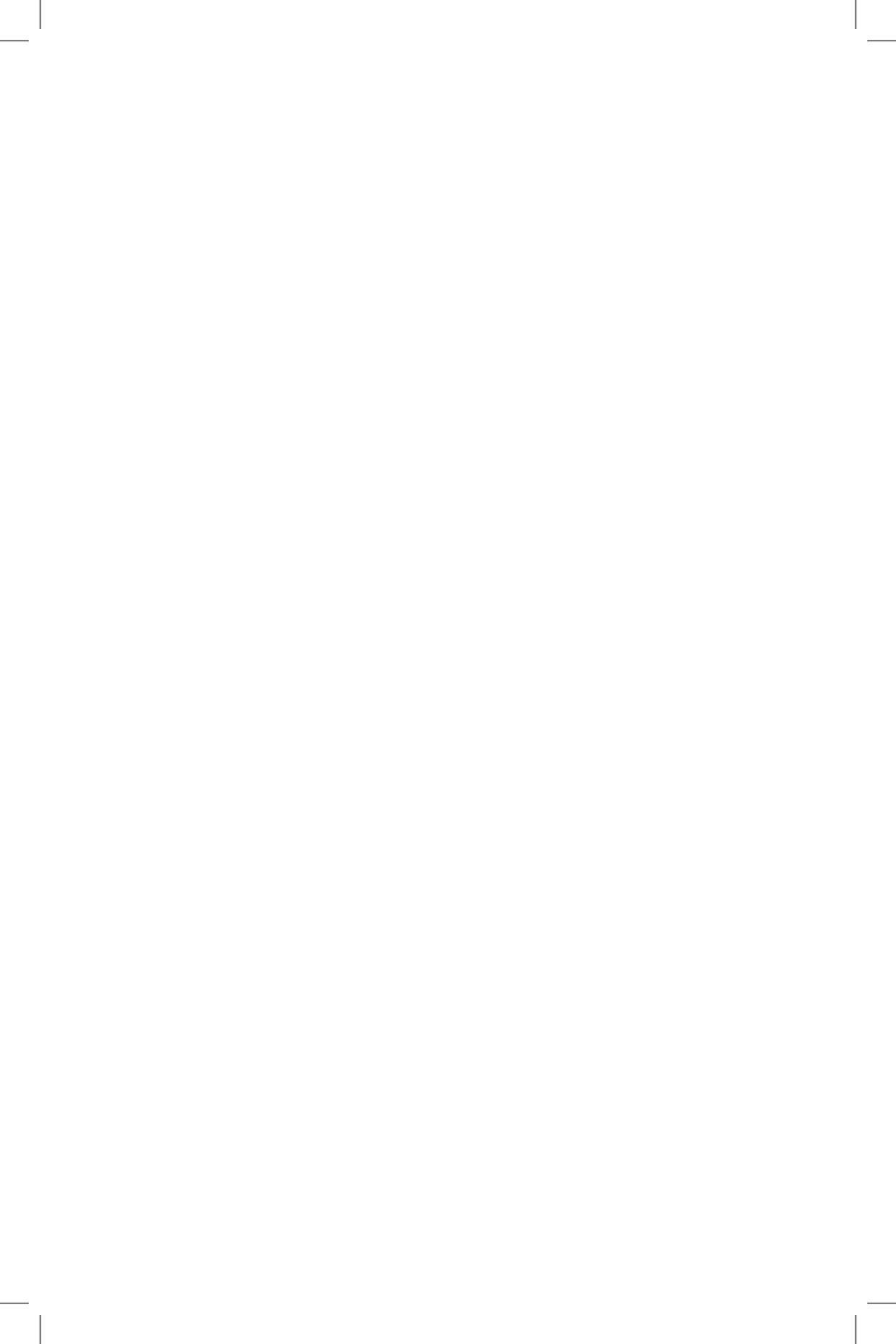
Media tanam yang sering digunakan pada pembibitan adalah lapisan atas tanah (*top soil*), namun seringkali mengalami kesulitan menyediakan *top soil* dalam skala besar untuk media pembibitan. Oleh karena itu, bahan organik dapat dijadikan sebagai bahan campuran dalam media pembibitan kelapa sawit sehingga pemakaian *top soil* dapat dikurangi. Bahan organik diharapkan dapat meningkatkan daya dukung tanah akan ketersediaan unsur hara terhadap pembibitan kelapa sawit.

Kotoran ternak dalam bentuk kompos sebagai pupuk organik dapat memperbaiki struktur dan komposisi hara tanah. Kompos juga akan memperbaiki sifat fisik tanah sehingga tanah menjadi remah dan mikroba-mikroba tanah yang bermanfaat dapat hidup lebih subur. Kompos bersifat hidrofilik sehingga dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan air dan mengandung unsur karbon yang relatif tinggi sehingga dapat menjadi sumber energi mikroba (Lesmanawati 2005). French (1994) menyatakan bahwa kompos juga dapat mendorong pertumbuhan cacing tanah, menetralkan kemasaman pada tanah, dan membuat tanaman lebih resisten terhadap hama atau penyakit. Tanaman yang dipupuk dengan kompos, cenderung lebih baik kualitasnya daripada tanaman yang dipupuk dengan pupuk kimia.

Penggunaan kompos sebagai media pembibitan kelapa sawit sangat diperlukan untuk mengatasi terbatasnya ketersediaan bahan organik pada lapisan tanah bagian atas (Lubis 2008). Kompos dicampurkan dengan *top soil* sebagai media pembibitan dalam *polybag*. Selain itu, kompos juga dapat diberikan pada lubang tanam jika pembibitan tidak menggunakan *polybag*, yaitu saat penanaman sawit di lapangan (dengan cara memberikan kompos kandang sapi) di dalam lubang tanam yang telah disiapkan.

Pupuk organik yang dibuat dari kotoran sapi beserta urine-nya merupakan kompos yang sangat baik. Pupuk tersebut mempunyai kadar serat yang tinggi, seperti selulosa sehingga memudahkan pertumbuhan akar tanaman, mempunyai daya serap air yang baik, memperbaiki tekstur, dan struktur tanah, meningkatkan porositas, aerasi, dan komposisi mikroorganisme tanah yang beragam. Menurut Hartatik dan Widowati (2010), untuk memaksimalkan penggunaan pupuk kandang sapi harus dilakukan pengomposan sampai mencapai rasio C/N di bawah 20.

Pupuk organik meningkatkan bobot basah akar, bobot basah daun, bobot kering akar, bobot kering batang, dan bobot kering daun kelapa sawit. Peningkatan pertumbuhan pada kelapa sawit dengan pemberian pupuk organik terutama terhadap bobot basah akar, bobot basah daun, bobot kering akar, bobot kering batang, dan bobot kering daun. Pupuk organik yang berasal dari kotoran sapi memberikan hasil lebih baik daripada pupuk organik yang berasal dari kotoran kambing atau lainnya (Koryati 2010).

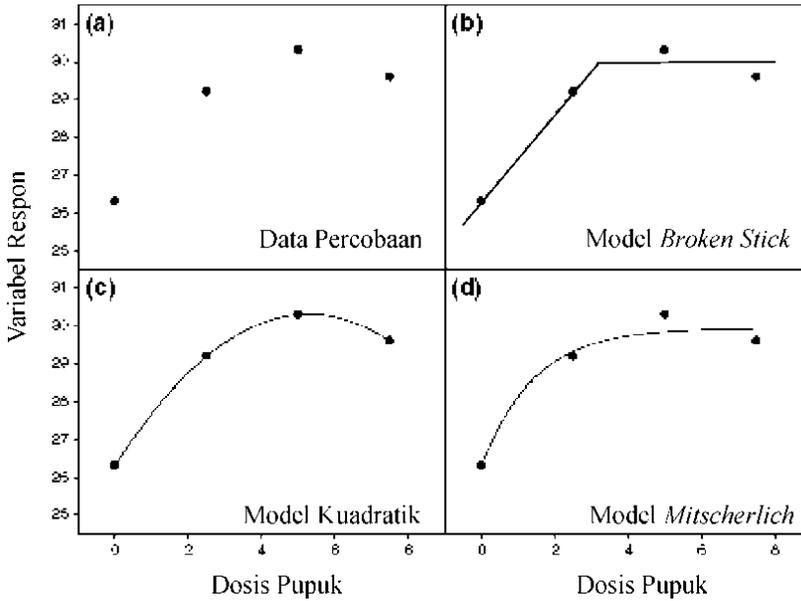


BAB V

LANDASAN TEORI PENENTUAN DOSIS OPTIMUM

Tanaman untuk tumbuh dan berproduksi tinggi memerlukan persyaratan tumbuh tertentu dan adanya ketersediaan hara yang cukup. Pertumbuhan dan produksi yang lestari hanya dapat terjadi apabila hara di dalam tanah tersedia dalam jumlah yang cukup dan mudah dimanfaatkan oleh tanaman. Ketersediaan hara tersebut, antara lain dapat dilakukan dengan pemberian pupuk, baik pupuk anorganik maupun pupuk organik. Pemberian pupuk harus memenuhi azas ketepatan dosis, waktu, jenis, dan cara. Penentuan dosis yang tepat untuk tanaman perkebunan seperti taman kelapa sawit, dilakukan dengan melakukan percobaan-percobaan dalam waktu yang panjang. Pemupukan dengan dosis yang kurang tepat (berlebihan), tidak hanya merugikan secara ekonomi, tetapi juga dapat mencemari lingkungan karena pupuk terbawa *run off* ke daerah pemukiman atau juga ke areal pertanian lainnya.

Corley dan Tinker (2003) menjelaskan bahwa untuk menentukan dosis pupuk optimum yang menguntungkan secara agronomi dan ekonomi, ialah melakukan percobaan pemupukan dengan rancangan percobaan yang digunakan, yaitu rancangan faktorial. Dasar teori dalam penetapan dosis optimum adalah dibangunnya fungsi kuadratik. Fungsi tersebut dapat mencerminkan keadaan hara dalam kondisi kahat, cukup, dan berlebihan (*toxic*) seperti ditunjukkan pada gambar 1 (Webb 2009).



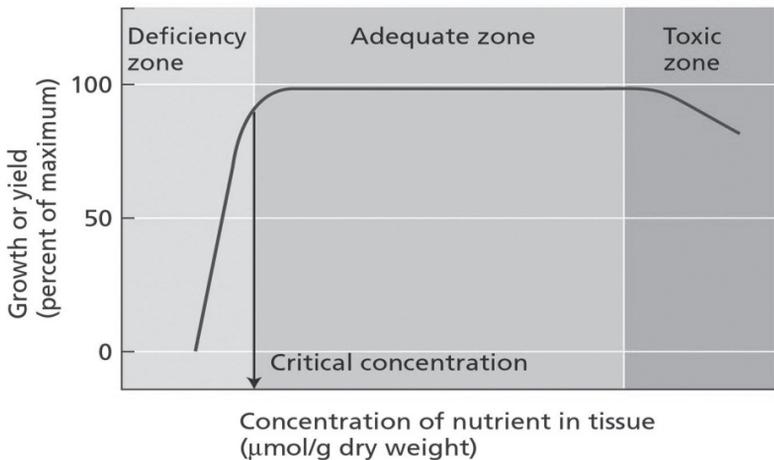
Gambar 1 Model dengan bentuk geometris yang berbeda untuk mewakili data percobaan (Webb 2009)

Rancangan faktorial umumnya digunakan untuk menentukan jumlah pupuk yang diperlukan oleh tanaman guna mencapai hasil yang maksimum, baik secara agronomis maupun secara ekonomi. Selain itu, juga untuk menentukan ada atau tidak adanya interaksi antar hara (Corley dan Tinker 2003). Uji tersebut juga memberikan informasi yang diperlukan untuk menentukan tingkat hara daun (yang digunakan untuk menduga status hara) pada tanaman kelapa sawit.

Data yang diperoleh dari percobaan pemupukan dengan menggunakan rancangan faktorial, dapat diekstrapolasikan ke areal yang lebih luas untuk kepentingan usaha secara komersial. Adanya perbedaan cuaca, jenis tanah, bahan tanam, dan umur sawit dalam pertumbuhan tanaman, bukan merupakan batasan untuk mendiagnosa daun dalam menentukan status hara sawit, melainkan dapat membuat rekomendasi pupuk (Smith dan Loneragan 1997).

Pada tanaman kelapa sawit terdapat perbedaan kadar hara yang signifikan, di dalam jaringan daun dari waktu ke waktu (bulan) bahkan adanya variasi ini tidak tetap dari tahun ke tahun. Standar metode pengujian tingkat pemupukan ialah untuk menentukan CLNL (*critical leaf nutrient levels*) dalam mempertahankan status hara. Metode ini sering juga dipergunakan di perkebunan besar atau perkebunan komersial.

Respon tanaman terhadap aplikasi pemupukan dapat ditentukan dengan menggunakan data hasil percobaan. Sebagai ilustrasi, penentuan dosis pupuk optimal satu jenis pupuk (N) dapat dilakukan dengan menggunakan percobaan satu faktor. Berdasarkan percobaan tersebut, response-nya dapat diketahui bersifat linier atau kuadratik (Anderson dan Nelson 1975) dan pengaruh eksponensial yang juga dikenal sebagai hukum '*Mitscherlich*' (Campbell 1998; Corley dan Tinker 2003). Keadaan suatu unsur hara dalam keadaan kurang, optimum, atau sudah bersifat toksik dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 5.3 © 2002 Sinauer Associates, Inc.

Gambar 2 Bentuk geometri sebagai representasi dari data optimasi pupuk (Web 2009)

Metode tersebut menjelaskan status hara yang berhubungan dengan dosis/ jumlah pupuk yang dicobakan. Dengan menghitung persamaan yang dibangun dari percobaan berdasarkan tanggap tanaman terhadap pemberian pupuk, akan diperoleh persamaan linier dan atau kuadratik. Persamaan linier

menunjukkan bahwa dosis pupuk yang diberikan belum sampai pada tingkat optimum, tanaman masih memberikan respon peningkatan yang nyata. Persamaan kuadratik menunjukkan bahwa tanaman sudah memberikan respon negatif. Dengan kata lain, pemberian pupuk sudah mengurangi laju pertumbuhan tanaman. Pada kondisi demikian dosis optimum sudah dapat ditentukan.

Pemilihan model, apakah faktor tunggal atau lebih dari dua faktor akan mempengaruhi keputusan yang dibuat dan jumlah pupuk yang akan diaplikasikan (Corley dan Tinker 2003). Secara umum, model yang digunakan adalah dua faktor sehingga dapat digunakan untuk menggambarkan respon hasil terhadap pupuk dengan fungsi *Mitscherlich*. Model dua faktor tersebut selain relatif mudah dalam analisis hasil, areal yang diperlukan juga lebih sedikit dibandingkan dengan percobaan yang menggunakan tiga atau empat faktor.

BAB VI

DOSIS OPTIMUM PUPUK ANORGANIK DAN ORGANIK PADA BIBIT KELAPA SAWIT

Tanaman kelapa sawit yang baik di lapangan, berasal dari bibit kelapa sawit yang berkualitas sejak di pembibitan. Bibit yang berkualitas diperoleh jika ketersediaan hara selama di pembibitan terpenuhi. Upaya untuk menyediakan hara yang cukup selama di pembibitan yaitu dengan melakukan pemupukan dengan dosis yang tepat. Penentuan dosis pupuk makro, terutama nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, dan pupuk organik yang tepat untuk kelapa sawit di pembibitan dilakukan dengan merancang satu set percobaan dengan judul sebagai berikut:

1. Optimasi Dosis N dan K pada Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis Guinensis* Jacq) di Pembibitan Utama (*Main Nursery*).
2. Optimasi Dosis N dan P pada Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis Guinensis* Jacq) di Pembibitan Utama (*Main Nursery*).
3. Optimasi Dosis P dan K pada Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis Guinensis* Jacq) di Pembibitan Utama (*Main Nursery*).
4. Optimasi Dosis Pupuk Majemuk NPK dan Kalsium pada Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) di Pembibitan utama (*Main Nursery*).
5. Optimasi Dosis Pupuk Kalsium dan Magnesium pada Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Pembibitan Utama (*Main Nursery*).
6. Peran Pupuk Organik dalam Meningkatkan Efektivitas Pupuk NPK pada Bibit Kelapa Sawit di Pembibitan Utama (*Main Nursery*).

Penelitian-penelitian tersebut dilakukan di Kebun Percobaan IPB yang terletak di Kebun Cikabayan, Darmaga, Bogor yang dilaksanakan dari bulan Mei 2011 sampai dengan November 2012. Rancangan yang digunakan dalam penelitian-penelitian tersebut yaitu Rancangan Faktorial, disusun dalam lingkungan Acak Kelompok dengan perlakuan dosis yang dirancang untuk mendapatkan dosis optimum. Bahan tanaman yang digunakan adalah bibit kelapa sawit Dami Mas yang berumur tiga bulan (setelah dikecambahkan di pembibitan pendahuluan).

Berdasarkan hasil percobaan tersebut, diperoleh dosis optimum pupuk nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, dan pupuk organik untuk bibit kelapa sawit selama enam bulan di pembibitan utama yang diuraikan pada bagian sub bab ini.

6.1 Dosis Optimum Pupuk Nitrogen

Pemupukan nitrogen yang dikombinasikan dengan fosfor meningkatkan tinggi bibit kelapa sawit (14,2% dibandingkan dengan kontrol), diameter batang (11,4%), namun tidak berpengaruh terhadap jumlah pelepah daun (Sudradjat *et al.* 2014). Penelitian Halim *et al.* (2014) menunjukkan bahwa pemberian nitrogen yang dikombinasikan dengan kalium meningkatkan tinggi bibit (9,5%), diameter batang (14,4%), dan jumlah pelepah (4,8%).

Tinggi tanaman berkorelasi positif terhadap pertumbuhan daun. Jika daun tertinggi berada pada fase perkembangan daun cepat (membuka sempurna), penambahan tinggi tanaman meningkat secara cepat, sebaliknya jika perkembangan daun tanaman berada pada fase muda (kuncup) maka penambahan tinggi tanaman relatif sedikit (Sudradjat *et al.* 2014).

Berdasarkan hasil analisis organ vegetatif tanaman (akar, pelepah, dan *leaflet*) diperoleh kadar hara N untuk akar 0.78%; pelepah 1.06% N dan pada *leaflet* dari daun ke-5 sebesar 3.43% (Sudradjat *et al.* 2014). Hasil ini mengindikasikan bahwa status nitrogen dalam *leaflet* berada pada zona cukup jika dibandingkan dengan status hara pada *critical nutrient level*, yaitu 2.75% untuk N (Ollagnier dan Ochs 1981).

Penghitungan kebutuhan pupuk menggunakan kurva respon umum tanaman (*generalized curve*) terhadap pemupukan. Kebutuhan pupuk ditentukan sebagai dosis optimum untuk mencapai hasil maksimum (Amisnaipa *et al.* 2009). Penentuan dosis optimum pupuk N didasarkan pada peubah tinggi

tanaman karena peubah tersebut merupakan peubah yang paling responsif di antara peubah morfologi lainnya. Persamaan regresi diperoleh dari peubah tinggi tanaman yang diamati setiap bulan sehingga dapat ditentukan dosis untuk aplikasinya. Berdasarkan hasil perhitungan dosis optimum, pupuk N bibit kelapa sawit di pembibitan utama adalah 21,70 g nitrogen per tanaman untuk pemupukan selama 6 bulan di pembibitan. Dosis optimum pupuk nitrogen setiap bulan disajikan pada Tabel 5 (Sudradjat *et al.* 2014; Halim *et al.* 2014).

Tabel 5 Dosis optimum nitrogen pada bibit kelapa sawit di pembibitan utama berdasarkan peubah tinggi tanaman (g per bibit)

Umur	Dosis ¹	Dosis ²	Rataan
1	1,40	1,37	1,38
2	0,41	1,81	1,11
3	2,72	3,92	3,32
4	3,85	3,71	3,78
5	6,00	6,26	6,13
6	5,68	6,20	5,94
Jumlah	20,06	23,33	21,70

Sumber: Sudradjat *et al.* (2014)

Sumber: Halim *et al.* (2014)

6.2 Dosis Optimum Pupuk Fosfor

Pemupukan fosfor yang dikombinasikan dengan nitrogen tidak berpengaruh terhadap peubah tinggi bibit dan jumlah pelepah, tetapi meningkatkan diameter batang sebesar 6,5% dibandingkan dengan kontrol (Sudradjat *et al.* 2014). Halim *et al.* (2014) menunjukkan bahwa pemberian fosfor yang dikombinasikan dengan kalium tidak berpengaruh terhadap tinggi, jumlah pelepah, dan diameter batang. Kombinasi pemupukan nitrogen dan fosfor berinteraksi positif, sedangkan nitrogen dan kalium tidak berinteraksi.

Berdasarkan hasil analisis organ vegetatif tanaman (akar, pelepah dan *leaflet*), diperoleh kadar hara P untuk akar 0,18 %; pelepah 0,20 % dan pada *leaflet* dari daun ke-5 sebesar 0,28% (Sudradjat *et al.* 2014). Hasil ini mengindikasikan bahwa status fosfor dalam *leaflet* berada pada zona cukup jika dibandingkan dengan status hara pada *critical nutrient level*, yaitu 0,18% untuk P (Ollagnier dan Ochs 1981).

Berdasarkan hasil perhitungan bahwa dosis optimum pupuk fosfor untuk bibit kelapa sawit di pembibitan utama adalah 4,24 g fosfor per tanaman, untuk pemupukan selama 6 bulan di pembibitan. Dosis optimum pupuk nitrogen setiap bulan disajikan pada Tabel 6 (Halim *et al.* 2014).

Tabel 6 Dosis optimum fosfor pada bibit kelapa sawit di pembibitan utama berdasarkan peubah tinggi tanaman (g per bibit)

Umur (Bulan)							
Dosis	1	2	3	4	5	6	Jumlah
(g/bibit)	0,22	0,44	0,76	0,18	0,94	1,70	4,24

Sumber: Halim *et al.* (2014)

6.3 Dosis Optimum Pupuk Kalium

Halim *et al.* (2014) menunjukkan bahwa pemupukan kalium yang dikombinasikan dengan nitrogen meningkatkan tinggi bibit (7,8% dibandingkan dengan kontrol), jumlah pelepah (4,8%), dan diameter batang (9,8%). Penelitian lain menunjukkan bahwa pemupukan kalium yang dikombinasikan dengan fosfor hanya meningkatkan diameter batang (Sudradjat *et al.* 2014). Pemberian pupuk kalium yang dikombinasikan dengan nitrogen dan yang dikombinasikan dengan fosfor tidak menunjukkan adanya interaksi pada bibit kelapa sawit. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh kalium tidak dipengaruhi oleh pemberian pupuk nitrogen dan fosfor selama di pembibitan.

Berdasarkan hasil perhitungan dosis optimum pupuk kalium bibit kelapa sawit di pembibitan utama yaitu 41,86 g kalium per tanaman (untuk pemupukan selama 6 bulan di pembibitan). Dosis optimum pupuk kalium setiap bulan disajikan pada Tabel 7 (Halim *et al.* 2014).

Tabel 7 Dosis optimum kalium pada bibit kelapa sawit di pembibitan utama berdasarkan peubah tinggi tanaman (g per bibit)

Umur (Bulan)							
Dosis	1	2	3	4	5	6	Jumlah
(g/bibit)	1,78	3,56	5,40	7,16	11,96	11,96	41,86

Sumber: Halim *et al.* (2014)

6.4 Dosis Optimum Pupuk Kalsium

Pemberian pupuk kalsium (Ca) tidak memberikan pengaruh nyata kepada peubah tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang. Pemberian kalsium yang dikombinasikan dengan magnesium tidak menunjukkan pengaruh interaksi antara kedua pupuk tersebut terhadap peubah tanggap morfologi (Ningsih *et al.* 2015). Unsur kalsium bersifat *slow release* dengan volume pelepasan mendekati kapasitas akar tanaman dalam menyerap unsur hara (Wigena *et al.* 2006). Dengan demikian, respon tanaman terhadap kalsium relatif lambat. Berdasarkan hasil penelitian Ningsih *et al.* (2015) dan Ramadhaini *et al.* (2014) pemberian 5 g kalsium untuk setiap bibit dalam bentuk kapur pertanian sudah cukup untuk mendukung pertumbuhan bibit kelapa sawit selama di pembibitan utama. Hasil penelitian Ramadhaini *et al.* (2014) menunjukkan bahwa pemberian pupuk kalsium yang dikombinasikan dengan pupuk NPK majemuk tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun bibit kelapa sawit. Kadar kalsium dalam jaringan daun dengan pemupukan kalsium 5 g setiap bibit adalah 0,56% (Ningsih *et al.* 2015), sedangkan menurut Ramadhaini *et al.* (2014) sebesar 1,02%. Kandungan kalsium dalam jaringan tanaman berada pada zona cukup sesuai dengan kriteria yaitu berkisar 0,22% pada bibit (Ng *et al.* 1968). Dengan demikian, pemberian kalsium 5 g sudah mencukupi kebutuhan selama dalam masa pembibitan utama.

6.5 Dosis Optimum Pupuk Magnesium

Pemupukan magnesium meningkatkan tinggi bibit kelapa sawit (14,9% dibandingkan dengan kontrol), diameter batang (16,7%), dan jumlah daun (10,1%) (Ningsih *et al.* 2015). Kasno dan Nurjaya (2011), juga memberikan hasil yang sama bahwa pemberian magnesium dalam bentuk pupuk kiserit ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) nyata meningkatkan tinggi tanaman, diameter batang, dan bobot kering bibit tanaman kelapa sawit.

Berdasarkan hasil analisis organ vegetatif tanaman (akar, pelepah, dan *leaflet*) diperoleh kadar hara magnesium untuk akar 0,16%; pelepah 0,22% dan pada *leaflet* dari daun ke-5 sebesar 0,35% (Ningsih *et al.* 2015). Hasil ini mengindikasikan bahwa status magnesium dalam *leaflet* berada pada zona cukup jika dibandingkan dengan status hara pada *critical nutrient level*, yaitu 0,22% untuk magnesium (Ng *et al.* 1968).

Penentuan dosis optimum pupuk magnesium didasarkan pada peubah tinggi tanaman dan diameter batang. Berdasarkan hasil perhitungan dosis optimum pupuk magnesium bibit kelapa sawit di pembibitan utama yaitu 57,8 g per bibit (untuk pemupukan selama 8 bulan di pembibitan utama). Dosis optimum pupuk magnesium setiap bulan disajikan pada Tabel 7 (Ningsih *et al.* 2015).

6.6 Dosis Optimum Pupuk Majemuk NPK

Pemberian pupuk mejemuk NPK yang dikombinasikan dengan kalsium, meningkatkan tinggi bibit kelapa sawit, diameter batang, dan jumlah daun. Namun, kalsium tidak memberikan pengaruh terhadap peubah tersebut (Ramadhaini *et al.* 2014). Peneliti lain (Sari *et al.* 2015) memberikan hasil yang sama bahwa pemberian pupuk NPK yang dikombinasikan dengan pupuk organik dapat meningkatkan tinggi bibit, diameter batang, dan jumlah pelepah bibit kelapa sawit. Pemberian pupuk majemuk NPK berinteraksi dengan pupuk organik.

Tabel 8 Dosis optimum magnesium pada bibit kelapa sawit di pembibitan utama berdasarkan peubah tinggi tanaman (g per bibit)

Umur (Bulan)	Berdasarkan tinggi	Berdasarkan diameter batang	Rataan
1	2	2	2
2	2	2	2
3	4	7,9	5,6
4	10,5	9,2	9,8
5	8,6	8,8	8,7
6	9,4	9,2	9,3
Jumlah	36,5	39,1	37,4

Sumber: Ningsih *et al.* (2015)

Berdasarkan hasil analisis jaringan daun, diperoleh kadar hara nitrogen yaitu 2,68%, fosfor 0,12%, kalium 1,3%, dan kalsium 0,96% (Ramadhaini *et al.* 2014). Hasil ini mengindikasikan bahwa status nitrogen, fosfor, kalium, dan kalsium dalam daun berada pada zona cukup jika dibandingkan dengan status hara pada *critical nutrient level*, yaitu 2,75% untuk N (Ollagnier dan Ochs 1981).

Penentuan dosis optimum pupuk majemuk NPK didasarkan pada peubah tinggi tanaman dan diameter batang. Persamaan regresi diperoleh dari peubah tinggi tanaman yang diamati setiap bulan sehingga dapat ditentukan dosis untuk aplikasinya. Berdasarkan hasil perhitungan dosis optimum pupuk majemuk NPK pada bibit kelapa sawit di pembibitan utama adalah 333,75 g (Ramadhaini *et al.* 2014) dan 396,05 g per tanaman (Sari *et al.* 2015) untuk pemupukan selama 8 bulan di pembibitan. Dosis optimum rata-rata berdasarkan kedua penelitian tersebut adalah 363,79 g pupuk majemuk NPK selama 8 bulan dengan rincian per bulan setiap bulan disajikan pada Tabel 9.

6.7 Dosis Pupuk Organik

Pupuk organik dan pupuk NPK majemuk meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batan. Pemberian pupuk organik dengan dosis $\frac{1}{2}$ volume tanah saja menghasilkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang yang tidak berbeda dengan aplikasi pupuk NPK—dengan dosis 127,5–382,5 g per tanaman (Sari *et al.* 2015).

Tabel 9 Dosis optimum pupuk majemuk NPK pada bibit kelapa sawit di pembibitan utama berdasarkan peubah tinggi tanaman (g per bibit)

Umur	Dosis ¹⁾	Dosis ²⁾	Rataan
1	7,00	7,00	7,00
2	7,00	12,59	9,79
3	1945	37,58	28,52
4	59,25	56,41	57,83
5	66,38	36,74	50,04
6	61,55	87,00	74,27
7	58,97	86,60	72,78
8	54,16	72,97	63,56
Jumlah	333,75	396,05	363,79

¹⁾ Ramadhaini *et al.* 2014 ²⁾ Sari *et al.* 2015

Pupuk organik berinteraksi dengan pupuk majemuk NPK terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang. Pupuk organik dapat memperbaiki sifat kimia tanah, khususnya meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah. Herviyanti *et al.* (2012) menyatakan bahwa tanah-

tanah dengan kandungan bahan organik tinggi, dapat meningkatkan jumlah muatan negatif yang menyebabkan KTK tanah tinggi dan mampu mengikat unsur hara sehingga efektivitas pemupukan anorganik juga meningkat.

Berdasarkan peubah tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, kombinasi pupuk organik dan NPK dapat menghasilkan pertumbuhan bibit kelapa sawit yang lebih baik, dibandingkan dengan perlakuan tanpa kombinasi pupuk organik dan NPK. Pemberian pupuk organik dengan perbandingan 1/3 dari volume tanah dan pupuk NPK dosis 382,5 g per tanaman, menghasilkan pertumbuhan morfologi tanaman bibit kelapa sawit yang terbaik dan telah memenuhi kriteria bibit siap dipindahkan ke lapang (Sari *et al.* 2015).

Berdasarkan perhitungan keefektifan agronomi relatif, pupuk organik 1/3 dari volume tanah dan pupuk NPK 382,5 g per tanaman, memiliki nilai keefektifan agronomi relatif tertinggi pada tinggi tanaman (158,9%) dan jumlah daun (209,1%) dibandingkan dengan kontrol. Pupuk majemuk NPK lebih efektif apabila diaplikasikan dengan pupuk organik. Efektivitas pupuk NPK dapat terjadi karena pemberian pupuk organik yang berperan dalam memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah. Pupuk organik dapat meningkatkan populasi mikroorganisme tanah sehingga pemberian pupuk NPK akan lebih efektif sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tersebut (Sari *et al.* 2015).

6.8 Rekomendasi Dosis Pupuk Anorganik dan Organik

Berdasarkan pengolahan data dari Tabel 5 sampai 9, dapat ditentukan rekomendasi pupuk anorganik dan pupuk organik yang aplikatif, seperti yang disajikan pada Tabel 10. Tabel 10 menunjukkan hasil konversi dari pupuk dalam bentuk unsur menjadi pupuk dalam bentuk pupuk yang langsung dapat digunakan (pupuk komersial). Pemberian pupuk organik sebanyak 1/3 dari volume *polybag* dan 5 gram kapur pertanian yang diberikan sebelum pemindahan bibit dari pembibitan pendahuluan (*pre nursery*) ke pembibitan utama (*main nursery*), sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan bibit selama di pembibitan utama (6 bulan). Bibit kelapa sawit agar tumbuh dengan baik dan memenuhi standar bibit yang berkualitas, perlu dipupuk dengan Urea sebanyak 47 g, SP 36 sebanyak 32 g, dan KCl sebanyak 70 g selama 6 bulan (dengan rincian setiap bulan disajikan pada Tabel 10).

Pemberian pupuk Urea, SP 36, dan KCL, seperti yang tercantum pada Tabel 10 tersebut, dapat digantikan pupuk majemuk NPK (15 : 15 : 15) sebanyak 257 g untuk kebutuhan 6 bulan bibit di pembibitan utama. Pemilihan penggunaan pupuk, apakah menggunakan pupuk tunggal atau pupuk majemuk, dapat didasarkan kepada perbandingan harga kedua pupuk, ketersediaan di pasar dan ketersediaan tenaga kerja. Penggunaan pupuk NPK majemuk dapat mengurangi penggunaan tenaga kerja dan mengurangi kehilangan pupuk karena proses pencucian pada saat terjadi hujan dan kehilangan nitrogen yang berasal dari Urea akibat penguapan.

Tabel 10 Rekomendasi pupuk anorganik dan pupuk organik pada bibit kelapa sawit di pembibitan utama

Umur	Pupuk Organik	Urea	S P 36	KCL	Kaptan	NPK Majemuk
	Volume					
0	1/3 <i>Polybag</i>	-	-	-	5	-
1	-	3	2	3	-	7
2	-	3	3	6	-	10
3	-	7	5	9	-	30
4	-	8	5	12	-	60
5	-	13	6	20	-	75
6	-	13	11	20	-	75
Total	1/3 <i>Polybag</i>	47	32	70	5	257

Sumber: Data diolah dari Tabel 5-9

6.9 Bibit Siap Salur

Bibit siap salur adalah bibit yang sudah memenuhi syarat untuk dipindahkan ke lapang. Kriteria bibit siap salur adalah apabila anak daun sudah pecah, umumnya mulai dicapai pada saat bibit berumur 6 bulan. Bibit yang berkualitas adalah bibit yang memenuhi persyaratan pertumbuhan sesuai dengan deskripsi varietasnya. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan secara seri dengan mengacu pada dosis optimum, bibit yang dihasilkan lebih baik dari standar (Tabel 4). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa umur bibit 6 bulan, tinggi tanaman mencapai 100 cm (175% dari standar), jumlah pelepah mencapai 15

pelelah (136% dari standar), dan diameter batang mencapai 6,5 cm (195% dari standar) (Sudradjat *et al.* 2014). Dengan demikian, rekomendasi pupuk organik dan pupuk anorganik untuk bibit kelapa sawit (yang disajikan pada Tabel 10) sudah mencukupi kebutuhan bibit dengan kualitas bibit lebih baik dari standar.

Daftar Pustaka

- Amisnaipa A D Susila, R. Situmorang, D W Purnomo. 2009. Penentuan kebutuhan pupuk kalium untuk budi daya tomat menggunakan irigasi tetes dan mulsa polyethylen. *Bul. Agron.* 37:115-122.
- Anderson R L, L A Nelson. 1975. A family of models involving intersecting straight lines and concomitant experimental designs useful in evaluating response to fertilizer nutrients. *Biometrics.* 31:303-318. doi:10.2307/2529422.
- Anonymous. 1999. *The Oil Palm-Fact File*. Better Crop International. Vol 13 (1), p:28-29.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2014. Statistik Indonesia 2014. <http://bps.go.id> diunduh pada tanggal 10 Mei 2015.
- Buckman H O, N C Brady. 1982. *Ilmu Tanah*. Terjemahan. Soegiman. Bhatara Karya Aksara. Jakarta. hlm 242.
- Bunemann K E, F E Oberson. 2011. *Phosphorus in Action: Biological Processes in Soil Phosphorus Cycling*. Berlin: Springer.
- Campbell L C. 1998. *Managing soil fertility decline*. In: Rengel Z (ed.) Nutrient use in crop production. Hawthorn Press Inc., New York, pp 29-52
- Cooke G W. 1982. *Fertilizing for Maximum Yield*. London:Graha Punt. Lmt.
- Corley R H V and P B Tinker. 2003. *The Oil Palm, Fourth edition*. Oxford; Blackwell Science.
- French J. 1994. The organic garden problem solver. *Sydney [AU]: An angus and robertson publishing*.
- Gardner F P, R B Pearce, dan R L Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budi daya*. Jakarta. UI Press. 428 hal.

- Geisler M and K Venema. 2011. *Transporters and pumps in plant signal*. New York : Springer.
- Glendinning J S. 1986. *Fertilizer Handbook*. Australian Fertilizers Ltd. North Sydney,Australia. hlm 514l.
- Goh K J , P S Chew, C B Teo. 1994. Maximising and maintaining oil palm yields on commercial scale in Malaysia. Dalam: Chee KH, editor. International Planters Conference on Management for Enhanced Profitability in Plantations; Kuala Lumpur, 24–26 October 1994. Kuala Lumpur; ISP 1994. hlm 121–141.
- Goh K J and R Hardter. 2003. General Nitrition of Oil Palm. <http://www.aarsb.com>. Diunduh pada tanggal 10 Oktober 2011.
- Hakim N, M Y Nyakpa, A M Lubis, G N Sutopo , M Rusdi, G D Hong, H Bailey. 1986. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung. Lampung 488 hal.
- Halim, Sudradjat, Hariyadi. 2014. Optimasi dosis nitrogen dan kalium pada bibit kelapa sawit (*Elaeis guinensis* Jacq.) di pembibitan utama. *B. PALMA*. (15): 86-92.
- Hartatik W, L R Widowati. 2010. Pupuk Kandang. [diunduh pada 2013 Jan 31]. Tersedia pada <http://balittanah.litbang.deptan.go.id>.
- Hazelton P, B Murphy. 2007. *Interpreting Soil Test*. Oxford: CSIRO.
- Herviyanti A, S Fachri, R Darmawan, Gusnidar, S Amrizal. 2012. Pengaruh pemberian bahan humat dan pupuk p pada ultisol. *J. Solum*. 19(1):15-24.
- [IFA]International Fertilizer Industry Association. 2007. *Sustainable Management of the Nitrogen Cycle in Agriculture and Mitigation of Reactive Nitrogen Side Effects*. First edition. Paris; IFA.
- Indonesia Palm Oil Board (DMSI). 2010. Facts of Indonesian Palm Oil. P. Indonesia Palm Oil Board. Jakarta, Indonesia.
- Kasno A, Nurjaya. 2011. Pengaruh pupuk kiserit terhadap pertumbuhan kelapa sawit dan produktivitas tanah. *Jurnal Littri*. 17(4):133–139.
- Koryati T. 2010. Respon pertumbuhan bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). Akibat Penggunaan Berbagai Jenis Pupuk Organik dan Zat Pengatur Tumbuh Growtone. *J. Ilmiah Pendidikan Tinggi*. 3(3):1-10.

- Leiwakabessy F dan A Sutandi. 2004. *Pupuk dan Pemupukan*. Bogor: Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Lesmanawati I R. 2005. Pengaruh pemberian kompos, thiobacillus, dan penanaman gmelina serta sengon pada tailing emas terhadap biodegradasi sianida dan pertumbuhan kedua tanaman [tesis]. Bogor[ID]: Institut Pertanian Bogor.
- Leszczynska D, J K Malina. 2011. Effect of organic matter from various sources on yield and quality of plant on soils contaminated with heavy metals. *J. Ecol. Chem. Engineering*. 18(4):501-507.
- Lubis A U. 2008. *Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq) di Indonesia*. Edisi Pusat Perkebunan Marihat . Pematang Siantar. hlm 362.
- Makinde EA, LS Ayeni, SO Ojeniyi. 2011. Effects of Organic, Organomineral and NPK Fertilizer Treatments on The Nutrient Uptake of Amaranthus Cruentus (L) on Two Soil Types in Lagos, Nigeria. *Journal of Central European Agriculture*. 12(1):114-123.
- Marschner H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. second edition. London: Academic Press.
- Munawar A. 2011. *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Bogor (ID): IPB Press.
- Mutert E, A S Esquivez, A O de los Santos and E O Cervantes. 1999. The Oil Palm Nursery Foundation for High Production. Better Crop International. Vol 13 (1), p: 39-44.
- Ng S K, S Thamboo, P de Souza. 1968. Nutrient contents of oil palms in Malaya. *Malaysian Agric. J*. 46:332-391.
- Ningsih E P, Sudradjat, Supijatno. 2015. Optimasi dosis pupuk kalsium dan magnesium pada bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan utama. *J. Agron. Indonesia* 43 (1) : 79-86.
- Ollagnier M and R Ochs. 1981. Management of mineral nutrition on industrial oil palm plantations. *Oléagineux*.36:409-421.
- Parnata A S. 2010. *Meningkatkan Hasil Panen Dengan Pupuk Organik*. Jakarta (ID). Agromedia Pustaka.
- [PERMENTAN] Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia. 2011. Nomor 70/Permentan/sr.140/10/2011 Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenh Tanah.

- Ramadhaini R F, Sudradjat A, Wachjar. 2014. Optimasi dosis pupuk majemuk NPK dan kalsium pada bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan utama. *J. Agron. Indonesia*. 42 (1) : 52 – 58.
- Rubio V R, Bustos M L, Irigoyen L X, Cardona T M, Rojas A J, Paz. 2009. Plant hormones and nutrient signaling. *Plant Mol Biol*. 69:361–373.
- Salisbury F B and C W Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan*. Jilid 3. Bandung: Penerbit ITB.
- Sari VI, Sudradjat, Sugiyanta. 2015. Peran pupuk organik dalam meningkatkan efektivitas pupuk NPK pada bibit kelapa sawit di pembibitan utama. *J. Agron. Indonesia*. 43 (2): 153-159.
- Smith F W and J F Loneragan. 1997. Interpretation of plant analysis: concepts and principles. In: Reuter DJ, Robinson JB (eds) *Plant analysis: an interpretation manual*. CSIRO Publishing, Collingwood. pp 3–33.
- Soepardi G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor. 591 hal.
- Sudradjat A, Darwis A, Wachjar. 2014. Optimasi dosis pupuk nitrogen dan fosfor pada bibit kelapa sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) di pembibitan utama. *J. Agron. Indonesia* 42 (3) : 222-227.
- Sudradjat N, A. Siagian. 2014. Pengaruh pemupukan fosfor dan kalium terhadap pertumbuhan tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan utama. *AGRIVIGOR*. Vol. 7 (2): 105-115.
- Sutarta E D, W Darmosarkoro, dan S Rahutomo. 2005. *Peluang Penggunaan Pupuk Majemuk dan Pupuk Organik dari Limbah Kelapa Sawit*. Pusat penelitian Kelapa Sawit. Medan.
- Taiz L and E Zeiger. 2002. *Plant Physiology Third Edition*. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc, Publishers.
- Thombo S N S K and D Souza. 1977. Kajian Unsur Kalium pada Tanaman Kelapa Sawit. Kongres Nasional IV. Himpunan Ilmu Tanah Indonesia Bogor.
- Tisdale S L, W L Nelson and J D Beaton. 1985. *Soil Fertility and Fertilizers*. 3th Ed. Macmillan, New York.
- Webb M J. 2009. A conceptual framework for determining economically optimal fertiliser use in oil palm plantations with factorial fertiliser trials. *Nutr Cycl Agroecosyst*. 83:163–178.

- White R E. 2006. *Principles and Practice of Soil Science*. Fourth edition. Oxford: Blackwell Science.
- Wigati E S, S Abdul, D K Bambang. 2006. Pengaruh takaran bahan organik dan tingkat kelengasan tanah terhadap serapan fosfor oleh kacang tunggak di tanah pasir pantai. *Jurnal ilmu tanah dan lingkungan*. 6(1):52-58.
- Wigena I G P, J Purnomo, E Tuberkih, A Saleh. 2006. Pengaruh pupuk “Slow Release” majemuk padat terhadap pertumbuhan dan produksi kelapa sawit muda pada Xanthic Hapludox di Merangin, Jambi. *J. Tanah Iklim*. 24:10-19.
- World Growth. 2011. The Economic Benefit of Palm Oil to Indonesia. World Growth Palm Oil Green Development Campaign. P 27.
- Yahya S. 1992. *Budi daya Kelapa Sawit*. Bogor: Jurusan Budi daya Pertanian, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Yuliarti N. 2009. 1001 *Cara menghasilkan Pupuk Organik*. Yogyakarta[ID]: Lily Publisher.



Tentang Penulis

Sudradjat dilahirkan di Bandung pada tanggal 20 Nopember 1954 dari pasangan ayah Almarhum. H. Atjep Badri dan Ibu Almarhumah Hj. Chodidjah. Menyelesaikan pendidikan Dasar sampai Sekolah Menengah Atas (SMA) di Sukabumi. Lulus sarjana Agronomi Fakultas Pertanian IPB pada tahun 1978 dan menyelesaikan Program Magister (S2) pada tahun 1986 dengan bidang Ilmu Tanaman. Kemudian, melanjutkan pendidikan Doktor di Ecole Nationale d'Agronomie de Rennes (ENSAR) Perancis, lulus pada tahun 1994. Sebelumnya (tahun 1989), juga menyelesaikan Program Diplome Agronomie Approfondie (DAA) setara Master di ENSAR.

Setelah lulus sarjana, Sudradjat ditugaskan oleh IPB sebagai Site Manager Test Farm di Sitiung Sumatera Barat dan Pamenang Jambi pada tahun 1978 sampai dengan 1980. Selanjutnya, dari tahun 1980 sampai sekarang menjadi Staf Pengajar di Departemen Agronomi dan Hortikultura. Mata Kuliah yang diasuh yaitu Dasar-dasar Agronomi, Ilmu Tanaman Perkebunan, Kapita Selekta Pertanian, dan Pertanian Terpadu di Program Sarjana serta Mata Kuliah Interaksi Hara di Program Pascasarjana IPB.

Sudradjat aktif sebagai konsultan di bidang perkebunan, terutama dalam monitoring pembangunan perkebunan kelapa sawit di Propinsi Sumatera Selatan dan Jambi yang mendapat dana kredit dari Bank Bumi Daya/Bank Mandiri. Selain itu, juga aktif menyusun Studi Kelayakan Pembangunan Perkebunan, baik yang didanai oleh pemerintah maupun yang didanai oleh swasta.

Pada saat ini Sudradjat aktif meneliti tanaman kelapa sawit dengan topik penelitian optimasi dosis pupuk pada tanaman kelapa sawit. Selain sebagai peneliti, Sudradjat juga sebagai Team Leader IPB-Cargill Teaching Farm of Palm Oil (Kebun Pendidikan dan Penelitian Kelapa Sawit) di Jonggol, Bogor Jawa Barat.

Sudradjat, selain sebagai pendidik dan peneliti, juga pernah menjabat jabatan struktural: Sekretaris Jurusan Budi daya Pertanian (1984–1988), Ketua Jurusan Budi daya Pertanian (1988–1989), Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Fakultas Pertanian IPB (1994–1998), Ketua Jurusan Budi daya Pertanian (1998–2001), Kepala Unit Pelaksana Teknis Kebun Percobaan IPB (1995–2003). Selain jabatan struktural di IPB, Sudradjat juga pernah bertugas sebagai Atase Pendidikan dan Kebudayaan Kedutaan Besar Republik Indonesia (KBRI) Paris pada tahun 2007–2010.

Anita Darwis dilahirkan di Makassar pada tanggal 17 Agustus 1985 dari pasangan Ayah Darwis Mula dan Ibu Hj. Enna. Menyelesaikan pendidikan Dasar sampai Sekolah Menengah Atas (SMA) di Makassar. Lulus sarjana Agronomi Fakultas Pertanian UNHAS pada tahun 2007 dan menyelesaikan Program Magister (S2) di Institut Pertanian Bogor pada tahun 2012 dengan bidang Ilmu Agronomi dan Hortikultura. Setelah lulus sarjana, Anita bekerja sebagai kepala tata usaha pembibitan karet swasta di provinsi Jambi sampai tahun 2009, kemudian pada tahun 2012–2014, penulis berkerja sebagai staff di bidang jasa konsultan perkebunan dan panas bumi di Bandung. Pada saat ini, penulis berwirausaha sekaligus menggeluti bidang budi daya & pascapanen jamur pangan dan obat di Bogor dan Makassar.

Rizki Fauziah Ramadhaini dilahirkan di Tasikmalaya pada tanggal 11 Juni 1985 dari pasangan Ayah Ishak Kusnandar dan Ibu Iis Lisnawati. Pendidikan Sekolah Dasar dan Menengah Pertama diselesaikan di Tasikmalaya, sedangkan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di Tangerang, Banten. Gelar Sarjana Pertanian pada program studi Agronomi diperoleh dari Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta pada tahun 2008. Gelar Magister Sains pada mayor Agronomi dan Hortikultura diperoleh dari Institut Pertanian Bogor pada tahun 2013.

Penulis merupakan staf pengajar Program Diploma Institut Pertanian Bogor sejak tahun 2009 sampai dengan sekarang dan aktif mengajar di Program Keahlian Perkebunan Kelapa Sawit, Teknologi Industri Benih, Teknologi, dan Manajemen Perkebunan serta Teknologi Produksi & Pengembangan Masyarakat Pertanian. Mata kuliah yang diampu antara lain: Pembiakan Tanaman Perkebunan, Manajemen Perkebunan, Teknik Produksi Benih Tanaman Perkebunan dan Kehutanan, Sertifikasi Benih, Teknik Penyimpanan Benih, Kultur Jaringan, Budi daya Tanaman Hortikultura serta Teknik Perancangan Percobaan.

Selain di bidang akademik, penulis juga berperan aktif di dalam pengelolaan Program Diploma IPB sampai dengan sekarang. Jabatan sebagai Sekretaris Program Keahlian Perkebunan Kelapa Sawit diampu sejak tahun 2010. Penulis bergabung dengan Tim Konselor sejak tahun 2013 dan menjadi Pembina Gabungan Mahasiswa Pertanian yang merupakan himpunan program studi kluster agro-kompleks dari 7 program keahlian di Program Diploma IPB pada tahun 2014.

Penulis tergabung sebagai anggota Perhimpunan Agronomi Indonesia (PERAGI) sejak tahun 2012. Penulis juga merupakan alumni Summer School 2012 “Urban Food and Nutrition Security” di Kasetsart University, Thailand yang disponsori oleh Food Security Center, University of Hohenheim serta DAAD program dari pemerintahan Jerman. Penulis juga menjadi peserta training “Estimation of Leaf Area Index (LAI) Through Digital Hemispherical Photography” yang diselenggarakan oleh DORAS Training Center, Kasetsart University, Thailand. Selain itu, penulis mendapatkan beasiswa dari Netherland Fellowship Programme (NFP) oleh pemerintahan Belanda untuk Short Course “Contemporary Approaches to Genetic Resource Conservation and Use” yang diselenggarakan oleh Centre for Development Innovation dari Wageningen University and Research, Belanda pada tahun 2015.

Eltis Panca Ningsih. Penulis dilahirkan di Jember pada tanggal 14 Oktober 1989 dari Ayah Supangat dan Ibu Sumarti. Penulis merupakan anak bungsu dari empat bersaudara. Pada tahun 2007, penulis lulus dari SMAN 1 Ambulu, Jawa Timur dan di tahun yang sama lulus test masuk perguruan tinggi di Universitas Jember. Penulis memilih Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember dan menyelesaikan studi pada tahun 2011. Pada tahun 2011, penulis mengikuti seleksi penerimaan mahasiswa Pasca-sarjana Institut Pertanian Bogor dan diterima sebagai mahasiswa pada Program Studi Agronomi dan Hortikultura (menyelesaikan studi pada tahun 2013). Selama mengikuti pendidikan di Pasca-sarjana Institut Pertanian Bogor, penulis bergabung dalam organisasi FORSCA AGH (Forum Mahasiswa Pasca Sarjana Departemen Agronomi dan Hortikultura) IPB. Pada tahun 2014, penulis mulai mengajar di jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa sampai dengan sekarang.

Vira Irma Sari. Penulis dilahirkan di Medan pada tanggal 7 Juli 1989. Penulis memperoleh gelar Sarjana Pertanian (S.P.) pada tahun 2011 di Program Studi Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Kemudian penulis melanjutkan ke program magister di Departemen Agronomi dan Hortikultura IPB dan mendapatkan gelar Master of Sains (M.Si) pada tahun 2014. Penulis kini aktif sebagai dosen tetap di Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi Bekasi sejak April 2014 sampai sekarang dengan mata kuliah yang diampu adalah pengendalian gulma, pestisida dan teknik penyemprotan, teknik penulisan ilmiah dan fisika. Saat ini penulis aktif melaksanakan penelitian yang berfokus pada pemanfaatan berbagai bahan organik untuk pertumbuhan tanaman khususnya tanaman kelapa sawit.