

PEMULIAAN KELAPA SAWIT

**Untuk Produksi Benih Unggul: Tanaman Pendek, Kompak,
dan Minyak Tak Jenuh Tinggi**

PEMULIAAN KELAPA SAWIT

**Untuk Produksi Benih Unggul: Tanaman Pendek, Kompak,
dan Minyak Tak Jenuh Tinggi**

Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, M.Sc.



PEMULIAAN KELAPA SAWIT; Untuk Produksi Benih Unggul: Tanaman Pendek, Kompak, dan Minyak Tak Jenuh Tinggi

oleh Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, M.Sc.

Hak Cipta © 2017 pada penulis



Ruko Jambusari 7A Yogyakarta 55283
Telp: 0274-889398; 0274-882262; Fax: 0274-889057;
E-mail: info@plantaxia.com; Web: www.plantaxia.com

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun, secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit.

Tajuk Entri Utama: Setiawan, Kukuh

PEMULIAAN KELAPA SAWIT; Untuk Produksi Benih Unggul: Tanaman Pendek, Kompak, dan Minyak Tak Jenuh Tinggi/Kukuh Setiawan

- Edisi Pertama. Cet. Ke-1. - Yogyakarta: Plantaxia, 2017
xvi + 110 hlm.; 25 cm

Bibliografi.: 105 - 109

ISBN :

E-ISBN :

1.

I. Judul

.....

Semua informasi tentang buku ini, silahkan scan QR Code di cover belakang buku ini



KATA PENGANTAR

Perkembangan pemuliaan tanaman kelapa sawit untuk menghasilkan keturunan atau bibit unggul cukup pesat. Setiap pemulia tanaman kelapa sawit mempunyai rancangan yang berbeda untuk mendapatkan bibit unggul. Namun secara umum, tujuan akhir pemuliaan tanaman sawit adalah kuantitas dan kualitas minyak sawit (CPO) tinggi. Pada buku ini metode pemuliaan tanaman yang digunakan adalah modifikasi reciprocal recurrent selection (RRS). Metode RRS yang digunakan disini adalah cara melakukan persilangan berulang yang berkelanjutan. Penekanan metode seleksi yang dilakukan adalah memilih turunan atau hasil persilangan yang mempunyai penampakan terbaik sehingga seleksi yang dilakukan adalah memilih terbaik dari yang terbaik (the best of the best). Dengan demikian seleksi induk berdasarkan penampakan turunannya atau progeneri.

Hibrida hasil persilangan interspesifik, yaitu antara *E guineensis* (*guineensis*=G) dan *E oleifera* (*oleifera*=O) bertujuan untuk mendapatkan turunan yang kompak, pendek, tahan terhadap penyakit terutama busuk pucuk (bud rot) dan mampu menghasilkan minyak tak jenuh tinggi. Selanjutnya usaha untuk menciptakan tanaman kelapa sawit yang mempunyai ketahanan putative terhadap ganoderma masih terus dilakukan. Dengan demikian peran variasi genetik yang tinggi untuk dijadikan induk sangat diperlukan yaitu melalui eksplorasi atau introduksi tanaman sawit dari Afrika (Kamerun, Angola, Nigeria, maupun Ghana) dan Amerika Selatan maupun Tengah seperti Kolombia, Ekuador dan Brazil. Jika hasil persilangan O×G F1 atau BC1 sudah menunjukkan hasil yang diinginkan maka bisa dilakukan perbanyakan secara klon. Perbanyakan secara klon untuk hasil minyak

CPO tinggi bisa dilakukan dengan memilih keturunan F1 dari family yang mampu memproduksi tinggi kemudian dipilih individu tanaman yang terbaik untuk dijadikan materi atau ortet.

Bahan tulisan ini merupakan pengalaman penulis selama menjadi pemulia tanaman dan pendampingan kepada konsumen kelapa sawit selama 9 tahun. Oleh karena itu, penulis menyampaikan penghargaan yang setinggi-tinggi kepada Bpk Ang Boon Beng, Dr. Mukesh Sharma, Bpk. Manjid Sing Sidhu, Bpk. Calvin Tio dan Bpk. Lee Boon Heng atas berbagi ilmu. Selanjutnya, penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Eny Ardanari (istri), Rizki Karisnareswari Setiawan (anak), dan Anindita Hanalestari Setiawan (anak) yang telah dengan sabar mendukung penulisan buku ini. Semoga tulisan ini bermanfaat untuk dijadikan referensi pemuliaan tanaman sawit untuk mendapatkan hasil CPO tinggi baik kualitas maupun kuantitas. Semoga Allah SWT selalu memberkahi dan merahmati kita semua, aamiin yaa robbal alamin.

Bandar Lampung, Oktober 2017

Kukuh Setiawan



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 TANAMAN KELAPA SAWIT	1
1.1 Tanaman Kelapa Sawit: Introduksi dan Koleksi	1
1.2 Struktur Bunga Tanaman Kelapa Sawit	3
1.3 Persilangan Dura dan Pisifera (DxP) Unggul	9
BAB 2 KARAKTER INDUK UNTUK PENGEMBANGAN HIBRIDA	15
2.1 Peran dan Sifat Dura, Pisifera, dan Tenera untuk Benih Unggul	15
2.2 Eksplorasi Sumberdaya Genetik untuk Perbaikan Sifat Dura dan Pisifera	20
BAB 3 METODE PEMULIAAN UNTUK PRODUKSI BENIH UNGGUL	23
3.1 Benih Unggul dengan Produksi CPO Tinggi: Rancangan Persilangan dan Teknik Seleksi untuk Tanaman Induk	24
3.2 Persilangan interspesifik antara <i>Elaeis oleifera</i> (Eo) dan <i>Elaeis guineensis</i> (Eg) untuk Kelapa Sawit Unggul	60

3.2.1	Tanaman Pendek, Kompak, dan Minyak Tak jenuh Tinggi	60
3.2.2	Karakter Eksotik Tanaman <i>Elaeis oleifera</i>	62
3.2.3	Persilangan Interspesifik Hibrid O×G	71
3.3	Benih Unggul Kelapa Sawit yang minimum gejala Crown Disease (CD)	77
3.3.1	Penyakit Fisiologi: <i>Crown Disease</i> (CD)	77
3.3.2	Proses Penyembuhan Serangan CD	79
3.4	Benih Unggul Kelapa Sawit dengan Sifat Ketahanan yang Putative terhadap Serangan Ganoderma	85
3.5	Produksi Bibit Unggul Kelapa Sawit yang Pendek, Kompak, dengan Kualitas dan Kuantitas Minyak Tinggi melalui Klon	93
BAB 4	PRODUKSI MINYAK SAWIT DENGAN BIBIT SUPER	95
4.1	Klon Hibrida Tenera D×P	97
4.2	Klon Dura dan Pisifera	99
	KESIMPULAN	103
	DAFTAR PUSTAKA	105



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Tandan bunga betina dan tandan bunga jantan terpisah pada satu tanaman	4
Gambar 1.2	Tanaman androecious dengan ciri banyak menghasilkan bunga jantan	4
Gambar 1.3	Bunga jantan saat antesis dengan ciri sekumpulan elaeidobious	5
Gambar 1.4	Tanaman ginoecious yang dicirikan banyak tandan buah	5
Gambar 1.5	Sekumpulan bunga betina saat reseptif yang menempel pada spekilet	7
Gambar 1.6	Setiap spekilet mempunyai segerombol buah sawit	7
Gambar 1.7	Variasi ketebalan cangkang pada buah dura	8
Gambar 1.8	Tandan bunga betina dura yang siap dibungkus	9
Gambar 1.9	Tandan bunga betina dura yang tidak mampu berbuah karena disemprot alkohol	11
Gambar 1.10	Penampakan bunga abnormal karena bunga betina dan jantan pada satu tandan	11
Gambar 1.11	Tandan bunga jantan pisifera yang siap dibungkus	12
Gambar 1.12	Teknik Penyerbukan pada tandan bunga betina dura saat reseptif	13
Gambar 2.1	Persilangan antara dura (D) sebagai induk betina dengan pisifera (P) sebagai induk jantan menghasilkan projeni tenera atau dikenal dengan hibrida (DxP)	16

Gambar 2.2	Penampakan melintang buah (a) pisifera, (b) dura, dan (c) tenera	17
Gambar 2.3	Induksi bunga jantan pisifera secara perebahan pelepah	18
Gambar 2.4	Induksi bunga jantan pada tanaman pisifera secara pruning	18
Gambar 3.1	Skema persilangan DxT dengan sistem RRS, reciprocal recurrent selection	26
Gambar 3.2	Skema persilangan DxP dengan perbaikan sifat Dura dan Pisifera menggunakan sistem RRS, reciprocal recurrent selection	27
Gambar 3.3	Modifikasi sistem pemuliaan tanaman RRS untuk menghasilkan benih DxP secara konvensional, semi-klon dan bi-klon	37
Gambar 3.4	Sistem penghitungan jumlah pelepah setiap satu lingkaran berjumlah 8 buah	42
Gambar 3.5	Sistem penghitungan panjang rachis mulai ujung hingga duri pangkal	42
Gambar 3.6	Sistem penghitungan panjang petiol mulai dari pangkal pelepah hingga ujung duri	43
Gambar 3.7	Sistem pengukuran tinggi batang mulai permukaan tanah hingga pelepah ke 41	44
Gambar 3.8	Tandan buah yang masak menurut standar kriteria panen	51
Gambar 3.9	Penimbangan tandan buah dan berondolan	51
Gambar 3.10	Skema proses analisis tandan : 1) pengacakan sampel, 2) penimbangan sampel ± 5 kg, 3) penimbangan tangkai tandan (stalk), 4) penimbangan buah, 5) pengacakan buah di bok sampel, 6) pemisahan dan penimbangan buah fertil dan partenokarpi, 7) pengirisan dan penimbangan mesokarp serta biji (inti dan kernel), 8) ekstraksi minyak dari gilingan mesokarp kering dengan soxhlet, 9) penimbangan mesokarp dalam kantong (± 5 g) setelah ditiriskan dan dikeringkan dari hexane	52
Gambar 3.11	Produksi TBS dan minyak sawit kasar (CPO) selama 5 tahun panen	60

Gambar 3.12	Penampakan <i>E. oleifera</i> saat berumur 7 TST (tanam 2006)	64
Gambar 3.13	Penampakan <i>E. guineensis</i> saat berumur 7 TST (tanam 2006)	64
Gambar 3.14	Anak daun <i>E. oleifera</i> bersusun tunggal	65
Gambar 3.15	Anak daun <i>E. guineensis</i> bersusun selang-seling	65
Gambar 3.16	Bunga betina <i>E. oleifera</i> yang tidak serempak saat reseptif	66
Gambar 3.17	Bunga <i>E. guineensis</i> yang relatif serempak saat reseptif	66
Gambar 3.18	Beberapa buah <i>E. oleifera</i> yang busuk dalam satu tandan	67
Gambar 3.19	Adanya siklus bunga jantan dan bunga betina pada <i>E. oleifera</i>	68
Gambar 3.20	Ketidakserempakan saat antesis bunga jantan <i>E. oleifera</i>	68
Gambar 3.21	Bunga jantan <i>E. guineensis</i> yang relatif serempak saat antesis	69
Gambar 3.22	Bentuk tepung sari (pollen) <i>E. guineensis</i> mirip segitiga saat perkecambahan	69
Gambar 3.23	Bentuk tepung sari (pollen) <i>E. oleifera</i> agak bulat panjang (oval) saat perkecambahan	70
Gambar 3.24	Buah <i>E. oleifera</i> mempunyai cangkang tebal menyerupai dura	70
Gambar 3.25	Buah <i>E. guineensis</i> ada tiga jenis yaitu dura, tenera, dan pisifera	71
Gambar 3.26	Penampakan pelepah hasil persilangan interspesifik antara <i>E. oleifera</i> (betina) dan <i>E. guineensis</i> (jantan) menghasilkan pelepah mirip dengan <i>E. oleifera</i> (foto pada umur 3 TST)	72
Gambar 3.27	Penampakan tandan buah OxG yang normal dari awal fase reproduktif	73
Gambar 3.28	Penampakan tandan buah OxG yang sebagian androgenous	74
Gambar 3.29	Penampakan tandan buah OxG yang androgenous dari awal fase reproduktif	74
Gambar 3.30	Penampakan tandan buah OxG yang awalnya bunga jantan lalu kembali normal	75
Gambar 3.31	Penampakan buah hasil persilangan interspesifik antara <i>E. oleifera</i> (betina) dan <i>E. guineensis</i> (jantan)	

	menghasilkan buah hibrida OxG (panen pada umur 3 TST)	76
Gambar 3.32	Tanaman sawit muda yang sehat dan tidak ada gejala serangan CD	78
Gambar 3.33	Gejala serangan CD pada tanaman dengan skor 1	78
Gambar 3.34	Gejala serangan CD pada tanaman dengan skor 2	79
Gambar 3.35	Gejala serangan CD pada tanaman dengan skor 3	79
Gambar 3.36	Percobaan projeni pada areal yang endemik terhadap serangan ganoderma	86
Gambar 3.37	Seleksi projeni yang masih sehat dan produksi tinggi walau ada gejala serangan ganoderma	87
Gambar 3.38	Penanaman kecambah pada 20 polibag per plot dalam kondisi naungan	89
Gambar 3.39	Pada bibit umur 1-2 BST belum terlihat adanya gejala serangan ganoderma	89
Gambar 3.40	Bibit umur 2-3 BST terlihat adanya badan buah ganoderma pada polibag	90
Gambar 3.41	Gejala serangan ganoderma terlihat pada bibit umur 5-6 BST	90
Gambar 3.42	Serangan ganoderma sudah mampu mematikan bibit pada umur 7 BST	91
Gambar 3.43	Sebagian bibit umur 8 BST masih terlihat tumbuh dan ada yang mati	91
Gambar 3.44	Sebagian bibit umur 10 BST masih terlihat tumbuh tapi yang lain sudah mati	92
Gambar 3.45	Sebagian bibit umur 12 BST masih terlihat tumbuh sehat tapi yang lain sudah mati	92
Gambar 4.1	Proses tahapan klon tanaman sawit secara umum: 1) tanaman terseleksi untuk ortet, 2) pemotongan ortet dilaksanakan, 3) pemotongan pelepah muda, 4) potongan eksplan, 5) pembentukan kalus, 6) perkembangan kalus ke embroid, 7) pembentukan tunas, 8) induksi akar, 9) ramet di hardening (pembibitan)	96
Gambar 4.2	Tanaman sawit dengan jumlah tandan yang “ <i>outstanding</i> ” untuk calon ortet	97
Gambar 4.3	Tandan buah besar dengan mesokap yang tebal	98

Gambar 4.4	Penampakan tanaman DxP pendek untuk calon ortet (tanam 1994)	98
Gambar 4.5	Tanaman sawit dengan gejala “ <i>yellowing spot</i> ” pada pelepah	99
Gambar 4.6	Tandan sawit dengan buah abnormal atau mantling	99
Gambar 4.7	Penampakan tanaman sawit klonal yang relatif homogen	99
Gambar 4.8	Tanaman sawit dura yang pendek dengan kandungan O/B tinggi dan sehat (umur 13 tahun)	100
Gambar 4.9	Tanaman sawit pisifera yang pendek dan sehat (umur 13 tahun)	100



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Skema 50 projeni yang berasal dari persilangan antara 20 dura dan 6 pisifera	38
Tabel 3.2	Skema pengacakan 50 projeni yang berasal dari persilangan antara 20 dura dan 6 pisifera dengan menggunakan rancangan Cyclic (Cyclic Design)	39
Tabel 3.3	Nilai tengah produksi tandan buah segar (TBS) ton/ha/thn hasil persilangan antara tiga pisifera dan tiga dura pada umur tanaman 10 TST	40
Tabel 3.4	Data vegetatif komponen pelepah dan penyakit fisiologis, Crown Disease saat umur tanaman 10 tahun setelah tanam	46
Tabel 3.5	Data penduga nilai daya gabung umum (GCA) induk dura untuk variabel vegetatif pada saat umur tanaman 10 tahun setelah tanam	49
Tabel 3.6	Data penduga nilai daya gabung umum (GCA) induk pisifera untuk variabel vegetatif pada saat umur tanaman 10 tahun setelah tanam	50
Tabel 3.7	Data produksi komponen hasil dan analisis tandan saat umur tanaman 10 tahun setelah tanam	54
Tabel 3.8	Data penduga nilai daya gabung umum (GCA) induk dura untuk variabel generatif pada saat umur tanaman 10 tahun setelah tanam	57

Tabel 3.9	Data penduga nilai daya gabung umum (GCA) induk pisifera untuk variabel generatif pada saat umur tanaman 10 tahun setelah tanam	58
Tabel 3.10	Komposisi asam lemak dari empat jenis tanaman penghasil minyak	62
Tabel 3.11	Komposisi lemak jenuh dan tak jenuh dari hibrida O×G (PDR= Palma Del Rio)	63
Tabel 3.12	Data perhitungan gejala serangan CD yang terjadi pada 27 projeni dari berbagai sumber induk dura dan pisifera	82
Tabel 3.13	Kriteria seleksi pada projeni terhadap beberapa sifat yang diinginkan untuk tanaman induk dura yang akan di klon	101

Bab 1

TANAMAN KELAPA SAWIT

1.1 TANAMAN KELAPA SAWIT: INTRODUKSI DAN KOLEKSI

Tanaman kelapa sawit merupakan salah satu famili palma yang secara umum tumbuh di daerah tropika seperti di Asia, yaitu Indonesia, Malaysia, Tailan, Pilipina, di Afrika yaitu Nigeria, Kamerun, Senegal, Angola, Gana, maupun di Amerika Selatan yaitu Brasil, Kolombia, Ekuator dan Suriname. Sekitar 1848, tanaman sawit ditanam di Kebun Raya Bogor oleh pemerintah Hindia Belanda (Noer, 2017) lalu pada 1870 mulailah tanaman sawit diperkenalkan dan ditanam di Deli Sumatra Utara. Permintaan minyak nabati mulai menunjukkan peningkatan pada abad 19 sehingga ada perkebunan kelapa sawit yang tanamannya berasal dari seleksi Bogor dan Deli. Dengan demikian diperlukan adanya pusat pemuliaan dan penangkaran kelapa sawit yang didirikan di Marihat, yaitu sekitar 1911-1912. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia melalui Badan Penelitian dan Pengembangan (Litbang) Dirjen Perkebunan telah menanam kelapa sawit introduksi dari Kamerun dan Angola berturut-turut pada 2010 dan 2012 di Kabupaten Darmasraya Propinsi Sumatra Barat.

Sudah sejak lama kelapa sawit telah diyakini berasal dari Afrika, tanaman ini tersebar hampir di seluruh daratan Afrika. Seperti di Kamerun, kelapa sawit tumbuh di daerah dengan ketinggian mulai dari dataran rendah (< 50 m) dari permukaan laut (dpl) hingga dataran tinggi (1326 m dpl). Dari hasil eksplorasi yang dilaksanakan bersama dengan konsorsium sawit Indonesia yang anggotanya terdiri atas perusahaan benih kelapa sawit ditambah

dengan Direktorat Jendral Perkebunan (Dirjenbun) pada Mei 2008 telah mengumpulkan sekitar 103 aksesori dari Kamerun, Afrika. Aksesori ini berasal dari 58 lokasi yang tersebar dari 10 propinsi di Kamerun. Selanjutnya, berdasarkan umur maka ada beberapa tanaman dari 103 aksesori ini yang berumur lebih dari 80 tahun atau bahkan ada yang 90 tahun. Berdasarkan fenotipe, maka 103 aksesori yang telah dikoleksi menunjukkan variasi pertumbuhan vegetatif, karakter buah tandan, bahkan sifat ketahanan terhadap penyakit serta kondisi marjinal atau *sub-optimum*. Arias dkk. (2012) mengevaluasi karakter tanaman kelapa sawit dari Kamerun secara molekuler. Mereka menyimpulkan bahwa rata-rata diversitas genetik antara famili menunjukkan nilai 0,110 sedangkan antara daerah adalah 0,015. Kondisi ini menggambarkan bahwa variasi genetik antara daerah (geografi) rendah sebaliknya variasi genetik antara famili besar. Berdasarkan analisis *simple sequence repeats* (SSR), mereka menyarankan bahwa nilai diversitas genetik yang tinggi (0.673) antara aksesori menunjukkan bahwa Republik Kamerun mungkin menjadi pusat asal dan diversitas kelapa sawit.

Pada 2010, eksplorasi kedua ke Angola dilaksanakan oleh Konsorsium Kelapa Sawit Indonesia yang bekerjasama dengan pihak pemerintah yaitu Dirjen Perkebunan. Eksplorasi kedua dilaksanakan setelah eksplorasi pertama ke Kamerun berhasil dan bertujuan untuk meningkatkan keragaman genetik tanaman kelapa sawit. Eksplorasi ke Angola diharapkan bisa melengkapi eksplorasi ke Kamerun pada 2008 dan hal ini dilakukan bekerjasama dengan pihak Perkumpulan Sawit Malaysia, *Malaysia Palm Oil Board* (MPOB). Berdasarkan perbedaan fenotipe dan geografi, maka ada sekitar 127 aksesori dari 18 propinsi yang berhasil dikoleksi oleh pihak Konsorsium Sawit Indonesia dan MPOB. Aksesori yang berjumlah 127 buah ini berasal dari berbagai lokasi seperti Cabinda sebanyak 14 buah, dari Bengo sebanyak 56 buah dan dari Uige termasuk daerah Kwanza Norte Kwanza Sul, dan Benguela sebanyak 57 buah.

Tanaman sawit yang dieksplorasi dari kedua Negara di Afrika, yaitu Kamerun dan Angola ini merupakan palismanutfah yang sangat berharga. Biji yang dibawa lalu dikecambahkan di Socfindo Sumatra Utara dan kemudian ditanam oleh setiap perusahaan yang ikut dalam konsorsium Sawit merupakan hasil penyerbukan terbuka (*open pollination*). Dengan demikian variasi genetik dalam famili akan tinggi sehingga variasi antar famili bisa

sangat tinggi. Oleh karena itu, perlu penataan program pemuliaan agar sifat-sifat yang diinginkan dari tanaman sawit introduksi ini bisa disinergikan dengan tanaman sawit unggul yang sudah tersedia di setiap perusahaan benih kelapa sawit.

Langkah awal yang perlu dilaksanakan adalah evaluasi sifat-sifat berdasarkan pertumbuhan vegetatif (jumlah pelepah, panjang pelepah, panjang petiol, penambahan tinggi batang per tahun), dan generatif (bobot TBS, bobot buah, bobot kernel, rendemen minyak, CPO). Selain itu, penampakan atau performan yang bisa digunakan sebagai pendukung agar tanaman introduksi bisa dimasukkan ke dalam program pengembangan induk kelapa sawit adalah dasar pelepah sempit, tangkai tandan panjang, petiol panjang agar cahaya matahari bisa menyinari TBS dengan optimum dan rakis tidak terlalu panjang.

Keragaman tinggi pada tanaman kelapa sawit terutama untuk digunakan sebagai induk pengembangan varietas unggul baru. Keragaman atau variasi dapat melalui persilangan, mutasi, kultur jaringan, pertukaran plasmanutraf maupun introduksi. Sehingga semakin banyak jenis atau tipe tanaman kelapa sawit yang diintroduksi atau melalui pertukaran plasmanutraf menjadi koleksi maka keragaman akan tinggi. Dengan demikian proses pengembangan populasi, evaluasi, dan seleksi menjadi lebih mudah.

1.2 STRUKTUR BUNGA TANAMAN KELAPA SAWIT

Bunga tanaman kelapa sawit termasuk golongan bunga berumah satu (monoecious) yang berarti bahwa bunga jantan dan bunga betina terdapat pada satu tanaman namun posisinya terpisah (Gambar 1.1). Ekspresi kelamin bunga tanaman kelapa sawit secara individu dapat dikelompokkan ke dalam tanaman Androecious dan Ginoecious. Tanaman androecious berarti bahwa tanaman kelapa sawit cenderung banyak menghasilkan bunga jantan yang bisa menghasilkan serbuk sari (Gambar 1.2). Pada bunga jantan juga ada spekilet yang jumlahnya bervariasi tergantung pada kondisi tanaman, lokasi tumbuh, umur maupun genotipe (sama dengan bunga betina). Saat bunga jantan antesis maka ditandai dengan kumpulan serangga penyerbuk *elaeidobius* sehingga serbuk sari menempel pada badan, kaki atau kepala *elaeidobius* (Gambar 1.3). Secara umum, bobot total serbuk sari yang dihasilkan oleh bunga jantan bisa berkisar antara 2-300 g.



Gambar 1.1. *Tandan bunga betina dan tandan bunga jantan terpisah pada satu tanaman*



Gambar 1.2. *Tanaman androecious dengan ciri banyak menghasilkan bunga jantan*

Tanaman ginoecious berarti bahwa pada tanaman kelapa sawit cenderung banyak menghasilkan bunga betina atau tandan buah (Gambar 1.4). Ciri-ciri bunga betina duru reseptif adalah adanya warna bening mengkilat pada permukaan bunga atau kepala putik (Gambar 1.5). Selanjutnya pada tangkai tandan buah atau *stalk* menghasilkan beberapa spekilet tempat menempelnya bunga betina. Bunga betina akan menjadi buah yang menempel

pada spekilet yang setiap spikelet bisa menghasilkan buah hingga mencapai 14 buah tergantung pada kondisi bunga yang reseptif, umur tanaman, lokasi maupun genotype (Gambar 1.6).



Gambar 1.3. Bunga jantan saat antesis dengan ciri sekumpulan elaeidobious



Gambar 1.4. Tanaman ginoecious yang dicirikan banyak tandan buah

Walaupun letak bunga betina dan jantan terpisah dalam satu tanaman, ada juga tanaman kelapa sawit yang menunjukkan bahwa pada satu tandan di dalam sekumpulan bunga betina terdapat beberapa bunga jantan (yang menghasilkan serbuk sari) sehingga dinamakan bunga hermaphrodit. Hal ini berarti bahwa bunga jantan berada di dalam tandan bunga betina, jumlah

tanaman hermaphrodit tidak banyak dan bunga jantannya kadang-kadang tidak terlihat saat observasi kecuali dengan dilakukan dengan cermat dan teliti. Tanaman kelapa sawit dengan bunga hermaphrodit akan menguntungkan jika berada dalam populasi tanaman hibrida tenera DxP karena sistem persilangan akan optimum. Namun sebaliknya perlu diwaspadai jika bunga hermaphrodit ini berada pada tandan betina yang dijadikan sebagai induk dura untuk menghasilkan benih hibrida DxP komersial. Hal ini akan menyebabkan terjadi penyerbukan dan pembuahan sendiri (DxD) sehingga dapat merugikan karena tujuan utama adalah untuk persilangan menghasilkan hibrida DxP tenera. Jika ada tandan bunga yang hermaphrodit maka sebaiknya segera dibatalkan tandan bunga yang sudah dibungkus dan tidak dilakukan persilangan DxP untuk benih komersial. Jika tidak ada pembatalan penyerbukan pada bunga hermaphrodit, maka kondisi ini bisa digolongkan pada tingkat ketelitian yang rendah karena adanya kontaminasi dari serbuk sari yang tidak dikehendaki (asing).

Persilangan antara bunga betina dura (sebagai putik) dan serbuk sari dari bunga jantan pisifera untuk mendapatkan benih unggul perlu pengontrolan manajemen data. Manajemen data bunga tanaman dura meliputi:

- a. Berapa rata-rata jumlah tandan bunga pada setiap pohon dari famili yang sama yang dihasilkan setiap tahun.
- b. Pohon dura yang mana yang sering atau pernah menghasilkan bunga hermaphrodit.
- c. Apakah pohon dura yang terpilih menjadi induk unggul mempunyai rekaman tandan bunga yang mengalami aborsi (gugur).
- d. Adakah setiap pohon dura sebagai induk unggul rekaman tentang tandan bunga yang pada saat bunga betina reseptif namun tidak merata sehingga perlu penyerbukan yang berjenjang atau beberapa kali penyerbukan.
- e. Pertumbuhan tandan bunga yang lambat akibat posisinya terjepit dengan dasar pelepah sehingga membutuhkan pembungkusan yang ekstra hati-hati agar tangkai tandan bunga tidak patah.
- f. Apakah umur panen tandan bunga yang sudah diserbuki oleh serbuk sari digolongkan ke dalam panen awal atau lambat. Saat panen secara normal biasanya dilakukan pada umur 150-160 hari setelah penyerbukan (HSP). Jika pohon dura memiliki karakter umur panen awal setelah

penyerbukan, misalnya 120 HSP, maka jika panen tandan benih dilakukan pada umur 150 HSP akan terjadi banyak buah berondolan yang sudah lepas dari spekilet. Dengan adanya buah berondolan yang jatuh di sekitar pohon maka bisa menyebabkan tingkat efisiensi berkurang kecuali tandan benih dipasang jaring.

- g. Apakah pohon dura yang terseleksi sebagai induk betina unggul ini mewariskan sifat-sifat yang tidak diinginkan seperti sensitive pada unsur B, Mg, N maupun K. Sifat lainnya adalah sensitive pada gejala penyakit fisiologi *Crown Disease* (CD).



Gambar 1.5. Sekumpulan bunga betina saat reseptif yang menempel pada spekilet



Gambar 1.6. Setiap spekilet mempunyai segerombol buah sawit

Selanjutnya, manajemen data pohon pisifera (TxP) yang terpilih sebagai pohon induk jantan sebagai sumber serbuk sari adalah:

- a. Tingkat kemudahan pohon pisifera sebagai induk jantan unggul dalam menghasilkan bunga jantan.
- b. Apakah pohon dura yang terseleksi sebagai induk betina unggul ini mewariskan sifat-sifat yang tidak diinginkan seperti sensitive pada unsur B, Mg, N maupun K. Sifat lainnya adalah sensitive pada gejala penyakit fisiologi Crown Disease (CD) sehingga ada peluang untuk diwariskan ke projeni.
- c. Apakah setiap serbuk sari dari pohon pisifera terpilih dilakukan persilangan dengan pohon dura terpilih mengalami aborsi sehingga panen tandan benih mengalami kegagalan.
- d. Rekaman bobot rata-rata serbuk sari yang berhasil dipanen dan diproses untuk dijadikan sebagai sumber serbuk sari.
- e. Rekaman viabilitas serbuk sari yang baru dipanen maupun yang sudah lama disimpan di dalam frozen (suhu sekitar -80°C).
- f. Apakah serbuk sari dari pohon pisifera mempunyai kemampuan untuk menghasilkan cangkang tipis atau kernel kecil jika disilangkan dengan tandan bunga pohon dura.



Gambar 1.7. Variasi ketebalan cangkang pada buah dura



Gambar 1.8. Tandan bunga betina dura yang siap dibungkus

1.3 PERSILANGAN DURA DAN PISIFERA (DXP) UNGGUL

Tanaman dura menghasilkan buah dengan ketebalan cangkang yang sangat bervariasi (Gambar 1.7). Hal penting yang perlu diperhatikan pada buah dura adalah di sekitar cangkang tidak terlihat adanya serat. Selanjutnya, tindakan utama yang dilakukan pada bunga betina dura sebelum disilangkan dengan serbuk sari adalah melakukan pengamatan bunga betina kapan saat yang tepat dibungkus. Secara visual waktu pembungkusan bunga betina adalah dengan melihat pembungkus bunga atau seludang yang sudah pecah pada ujungnya. Setelah seludang dibersihkan maka bunga betina dura siap dibungkus (Gambar 1.8). Berdasarkan kondisi ini maka ada beberapa tahapan yang dilakukan seperti:

- Melakukan observasi bunga betina pada tanaman dura yang sudah terseleksi menjadi induk secara terjadwal dan terukur agar tidak terjadi kehilangan bunga (*loses*).
- Jika ujung seludang bunga betina sudah mulai membuka (pecah) maka seludang tersebut siap dibersihkan secara pelan-pelan, lembut dan ekstra hati-hati.
- Melakukan penyemprotan insektisida pada tandan bunga dan di sekitar tandan bunga agar serangga yang berpotensi membawa serbuk sari akan menjauh dari bunga yang akan dibungkus.

- d. Menyemprot dengan alkohol 70% pada bunga yang masih kuncup agar serbuk sari yang menempel pada bagian tandan bunga akan mati. Uji coba menunjukkan bahwa tandan bunga yang disemprot alkohol 70% lalu dibungkus. Hasilnya adalah tidak ada bakal buah yang jadi buah, jika ada pembesaran buah maka buah tersebut hanyalah buah partenokarpi (Gambar 1.9). Buah partenokarpi adalah buah tanpa inti (kernel) yang dihasilkan tanpa peleburan sel telur di bunga betina dan sel sperma di serbuk sari.
- e. Melapisi dasar tangkai bunga dengan kapas secara melingkar agar saat pengikatan dengan tali rami pada saat pembungkusan tidak ada serangga yang masuk.
- f. Melakukan pemantauan pada bunga betina dura yang sudah dibungkus terutama kapan putik reseptif atau siap menerima serbuk sari (Gambar 1.10). Jika putik reseptif pada saat kurang dari 8 hari setelah pembungkusan maka bunga tersebut dibatalkan. Alasan pembatalan adalah adanya kecurigaan bahwa masih ada serbuk sari liar. Serbuk sari akan mati pada saat lebih dari 8 hari.

Ada beberapa pendapat tentang umur tanaman dura dan pisifera (TxP) yang digunakan sebagai induk unggul berasal dari seleksi dan evaluasi projeni yang siap dilakukan penyerbukan. Ada pendapat yang menginginkan bahwa umur tanaman Dura dan Pisifera (TxP) yang akan dijadikan induk sebaiknya sudah mencapai > 6 TST. Pendapat berikutnya, jika tanaman dura dan pisifera (TxP) sudah menghasilkan buah atau bunga sempurna, maka bisa digunakan sebagai induk. Biasanya, sebelum umur 4 TST tanaman masih menghasilkan bunga betina dan jantan pada satu tandan yang sama (Gambar 1.10). Namun berdasarkan pengalaman yang sudah dilaksanakan bahwa tanaman induk dura dan pisifera (TxP) bisa dilakukan program penyerbukan saat berumur 4 TST.

Hal mendasar yang membedakan jika tanaman induk dura yang berumur 4 TST sudah dilakukan persilangan adalah ukuran tandan benih dan warna biji setelah diproses untuk biji benih. Secara umum, ukuran tandan benih pada tanaman berumur 4 TST yang dilakukan persilangan DxP adalah kecil, yaitu sekitar 4-6 kg per tandan atau sekitar 200-400 biji benih. Begitu juga warna biji benih setelah dilakukan pengupasan mesokarp (*depericarping*) maka warna biji benih cenderung agak keputih-putihan sedikit. Kedua

sifat tersebut, yaitu ukuran biji kecil dan warna agak keputihan tidak akan berpengaruh pada tingkat atau daya kecambah biji benih. Namun jumlah biji benih per tandan yang masih rendah akan berpengaruh pada tingkat keuntungan perusahaan berdasarkan biaya produksi per biji. Selanjutnya, warna biji benih yang masih keputihan akan menyebabkan persepsi tidak nyaman pada pihak konsumen atau pelanggan kecambah kelapa sawit karena warna biji benih tidak hitam mengkilat.



Gambar 1.9. *Tandan bunga betina dura yang tidak mampu berbuah karena disemprot alkohol*



Gambar 1.10. *Penampakan bunga abnormal karena bunga betina dan jantan pada satu tandan*

Tandan bunga jantan tanaman pisifera yang terseleksi menjadi sumber serbuk sari juga secara terjadwal dan terstruktur dilakukan pemantauan. Jika kondisi seludang bunga jantan sudah merekah atau pecah maka segera dilakukan pembungkusan (Gambar 1.11). Jika sebelum 8 hari setelah pembungkusan benang sari sudah ada yang antesis dan menghasilkan serbuk sari maka tandan bunga jantan tersebut harus dibatalkan. Saat yang direkomendasikan untuk benangsari antesis (masak fisiologis) sebaiknya pada 10 hari atau lebih setelah pembungkusan. Hal ini menghindari agar tidak ada serbuk sari liar yang bercampur dengan serbuk sari yang diinginkan. Biasanya, serbuk sari liar yang antesis bisa bertahan hidup hingga 8-10 hari dan setelah itu akan mati. Sistem pembungkusan bunga jantan pada tanaman pisifera sama dengan sistem pembungkusan pada bunga betina pada tanaman dura.



Gambar 1.11. *Tandan bunga jantan pisifera yang siap dibungkus*

Penyerbukan bunga betina dura dengan serbuk sari dilakukan saat bunga betina dura pada kondisi telah siap menerima serbuk sari atau masa antesis (Gambar 1.12). Waktu antesis bunga betina dura dalam satu tandan bervariasi antara tanaman dura yang satu dengan yang lainnya. Ada tandan bunga dura yang antesis lebih dari 50% atau lebih, namun ada juga yang antesis sekitar 30%. Dengan demikian sistem penyerbukan pada tandan dura bergantung pada persentase bunga yang antesis. Penyerbukan bisa dilakukan bertahap hingga 3 kali jika persentase bunga putik yang antesis awal-

nya 30%. Oleh karena itu perlu adanya pemantauan persentase putik yang sudah antesis pada tandan bunga.



Gambar 1.12. Teknik Penyerbukan pada tandan bunga betina dura saat reseptif

-oo0oo-

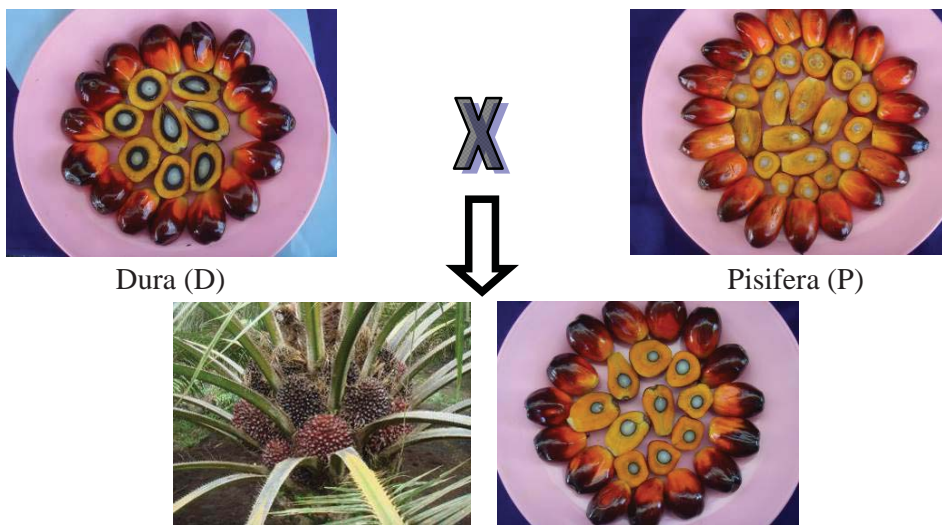
KARAKTER INDUK UNTUK PENGEMBANGAN HIBRIDA

2.1 PERAN DAN SIFAT DURA, PISIFERA, DAN TENERA UNTUK BENIH UNGGUL

Penampakan unggul tanaman sawit di lapang sangat bergantung pada seleksi bibit yang bagus dan normal di pembibitan. Selanjutnya, bibit yang bagus, sehat dan normal akan sangat bergantung pada benih unggul yang berbentuk kecambah. Kecambah yang digunakan sebagai bahan bibit selain harus baik, sehat dan normal juga harus legitim artinya ada kejelasan tentang induk yang digunakan sebagai tetua. Induk yang jelas artinya induk yang digunakan sebagai bahan persilangan mempunyai identitas, asal, dan *family lineage* (garis keturunan) yang terdokumentasi serta terekam dengan baik. Sehingga persilangan antara induk dura (D) sebagai tetua betina dan pisifera (P) sebagai tetua jantan menghasilkan hibrida tenera (DxP) yang legitim. Pada persilangan yang legitim ini (Gambar 2.1) terlihat bahwa induk dura yang mempunyai buah dengan cangkang tebal dan induk pisifera yang mempunyai buah dengan cangkang sangat tipis jika dilakukan persilangan akan dihasilkan hibrida tenera (DxP) yang mempunyai mesocarp tebal dengan cangkang yang relatif tipis.

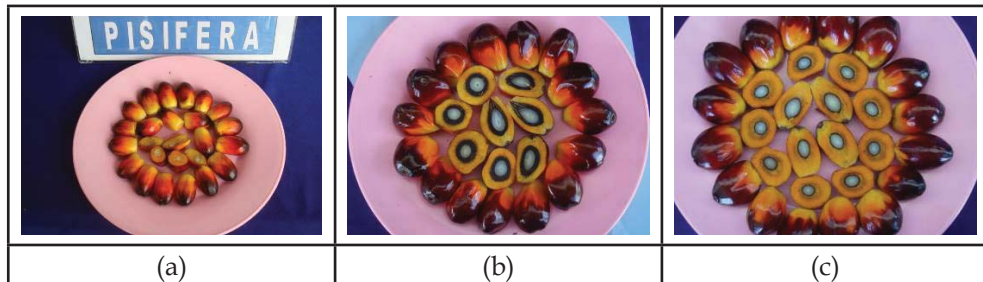
Tanaman dura yang digunakan sebagai induk betina mempunyai ciri pada buah seperti mesocarp tanpa serat dan mengandung minyak (O/B) yaitu rasio antara minyak dan tandan buah sekitar 12-18%. Buah sawit dura menempel di speklet yang mengerombol di tandan dengan jumlah rata-rata per tandan antara 200-3000 buah bergantung pada umur tanaman, kondisi

tanaman, dan varietas. Pada saat panen awal yaitu tanaman berumur sekitar 4-5 tahun setelah tanam (TST), jumlah buah per tandan sekitar 200-300 buah. Sekitar 3-4 tahun setelah panen atau saat tanaman berumur 7-9 TST maka jumlah buah per tandan meningkat menjadi 400-1000 buah. Pengamatan di lapang menunjukkan bahwa ukuran buah bervariasi, yaitu berbobot sekitar 3-30 g per buah serta 2-5 cm berdasarkan diameter buah.



Gambar 2.1. Persilangan antara dura (D) sebagai induk betina dengan pisifera (P) sebagai induk jantan menghasilkan projeni tenera atau dikenal dengan hibrida (DxP)

Tanaman kelapa sawit dikenal dengan tanaman berumah dua yang berarti bahwa dalam satu tanaman yang sama terdapat bunga betina dan bunga jantan. Baik tanaman dura maupun pisifera mempunyai bunga betina dan bunga jantan dalam setiap satu tanaman. Namun perlu diketahui bahwa bunga betina (tandan buah) tanaman pisifera biasanya atau sering kali bersifat steril sehingga sering terjadi aborsi (keguguran) pada buah tandan. Sebaliknya, pada tanaman dura bunga betina secara umum bersifat fertil. Oleh karena itu, buah dengan bantuan cangkang sering menjadi penanda atau *marker* apakah dura, tenera atau pisifera (Gambar 14). Selanjutnya, buah juga dipakai sebagai indikator sifat partenokarpi, yaitu perkembangan buah tapi tidak ditemukan kernel atau inti.



Gambar 2.2 Penampakan melintang buah (a) pisifera, (b) dura, dan (c) tenera

Penanaman sawit tipe pisifera di lapang bertujuan untuk digunakan sebagai induk jantan nantinya yang dipanen adalah bunga jantan sebagai sumber tepung sari (*pollen*). Jika pada kondisi fertil, putik pada bunga betina dari tanaman pisifera ini mengalami peleburan dengan sel sperma tepung sari sehingga menghasilkan buah yang mengandung banyak serat dengan kandungan minyak sedikit dan kernel bercangkang sangat tipis atau hampir tidak terlihat. Untuk meyakinkan bahwa tanaman sawit tsb adalah pisifera maka dilakukan uji potong buah melintang sehingga terlihat apakah bercangkang tipis dan atau mempunyai kernel yang sangat kecil.

Warna kulit buah pada dura dan pisifera bervariasi terutama saat masak, yaitu orange, merah muda-tua, ungu kehitaman. Buah pisifera dari jenis Nigeria biasanya ada dua macam yaitu saat muda berwarna hijau lalu saat matang akan berubah menjadi orange atau jingga yang disebut buah vire-sen. Satu lagi buah Nigeria yang saat muda berwarna hitam lalu menjelang panen berwarna hitam kemerahan yang disebut buah nigresen. Selanjutnya, warna buah yang berasal dari jenis Ghana, Ekona, dan Yangambi cenderung hitam, merah muda-tua, atau ungu kehitaman.

Beberapa karakter tanaman sawit pisifera unggul untuk dijadikan sebagai induk adalah: (a) tanaman sehat tidak ada gejala serangan penyakit maupun defisiensi unsur hara, (b) tidak ada gejala spot kuning akibat genetik, (c) banyak menghasilkan tandan buah atau jarang mengeluarkan bunga jantan, dan (d) penambahan tinggi batang lambat atau tanaman pendek. Ada beberapa cara untuk merangsang tanaman sawit pisifera menghasilkan bunga jantan, yaitu (a) perebahan pelepah mulai dari pelepah bawah hingga pelepah ke sembilan (Gambar 2.3), (b) pemotongan pelepah hingga menyerupai bentuk berlian atau *diamond* (Gambar 2.4), (d) penyemprotan dengan

ethrel atau paclobutrazol, dan (e) penanaman di area yang beriklim kering atau curah hujan rendah. Teknik penciptaan cekaman lingkungan atau *stress* pada tanaman sawit pisifera akan merangsang munculnya bunga jantan saat 1-2 tahun setelah perlakuan (TSP).



Gambar 2.3. *Induksi bunga jantan pisifera secara peregangan pelepah*



Gambar 2.4. *Induksi bunga jantan pada tanaman pisifera secara pruning*

Perlakuan perebahan pelepah dari bawah hingga pelepah ke 9 untuk menciptakan cekaman pada tanaman bisa dilanjutkan jika sudah 1 TSP belum muncul bunga jantan. Hal ini juga berlaku untuk pemangkasan pelepah seperti bentuk "Diamond". Jadi jika dalam 1 TSP masih belum muncul bunga jantan maka pemangkasan pelepah dilanjutkan hingga tanaman pisifera menghasilkan bunga jantan. Selanjutnya, penyemprotan pelepah dengan ethrel pada konsentrasi 1% dan 1,5% mampu menginisiasi bunga jantan tanaman pisifera saat 1-2 TSP (data tidak ditampilkan). Kebutuhan volume larutan ethrel yang diperlukan untuk menyemprot pelepah setiap tanaman adalah sekitar 600-800 ml.

Hibrida tenera adalah hasil persilangan antara dura dan pisifera sehingga dinamakan hibrida DxP. Buah sawit tenera terdiri atas dua bagian utama yaitu mesokarp dengan kernel yang bercangkang tipis (lebih tipis dari cangkang dura). Bagian mesokarp merupakan bagian buah yang banyak menghasilkan minyak yang disebut dengan *crude palm oil* (CPO). Bagian lain dari buah yang menghasilkan minyak adalah kernel atau inti yang dinamakan minyak inti (*kernel palm oil* = KPO). Di sekeliling cangkang terdapat serat yang diduga merupakan modifikasi dari cangkang. Seperti diketahui bahwa cangkang buah dura tebal dan tidak berserat sedangkan buah pisifera tidak bercangkang tapi banyak serat.

Persilangan antara dura dan pisifera menghasilkan tenera. Biji hasil persilangan antara dura dan pisifera mempunyai cangkang tebal yang bersifat seperti induk betinanya namun embrionya merupakan tenera. Jika biji hasil persilangan dura dan pisifera dikecambahkan maka bibitnya adalah tenera. Seleksi induk yang unggul akan menghasilkan tanaman yang unggul dengan identitas yang jelas atau legitim. Sebaliknya, bibit sawit yang berasal dari kecambah asalan atau tidak legitim berarti informasi tentang induk yang dijadikan tetua tidak jelas. Apalagi bibit asalan ini berasal dari biji yang diambil dari buah berondolan yang dipanen dari perkebunan dengan bahan tanaman tenera. Jika terjadi persilangan sendiri antar tenera (TxT) maka akan terjadi segregasi (pemisahan) dan menghasilkan bahan tanaman dura (D), tenera (T) dan pisifera (P) dengan perbandingan masing-masing 25% D: 50% T: 25% P. Dengan kondisi seperti ini, maka produksi sawit yang diakibatkan oleh penanaman bahan tanaman tersebut akan menghasilkan produksi tandan buah segar (TBS) maupun kadar minyak rendah.

2.2 EKSPLORASI SUMBERDAYA GENETIK UNTUK PERBAIKAN SIFAT DURA DAN PISIFERA

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) merupakan tanaman tanaman asli Afrika Barat yang telah menyebar luas ke 27 negara di dunia. Ada tiga negara terbesar yang menanam kelapa sawit yaitu Indonesia, Malaysia, dan Nigeria dengan masing-masing luas arealnya 8.965.000 ha, 4.800.000 ha dan 2.500.000 ha (Index Mundi, 2016). Menurut Verheye (2010) negara di Africa yang mempunyai koleksi kelapa sawit adalah Nigeria, Pantai Gading (Ivery Coast), Ghana, Cameroon dengan curah hujan 1200 mm dan ketinggian tempat sekitar 400 m dari permukaan laut (dpl). Penyebaran tanaman kelapa sawit di beberapa negara mempunyai variasi sifat yang besar. Perkembangan kelapa sawit di Indonesia dan Malaysia sejak 1930 mempunyai arti yang cukup besar dalam mendukung kemajuan pemuliaan tanaman kelapa sawit di kedua negara tsb, seperti PPKS (Pusat Penelitian Kelapa Sawit) atau *Indonesia Oil Palm Research Institute* (IOPRI) dan Malaysia Palm Oil Board (MPOB). Tanaman kelapa sawit tsb telah mengalami beberapa kali seleksi untuk perbaikan sifat melalui sistem pemuliaan konvensional maupun aplikasi biomolekuler.

Salah satu kunci keberhasilan yang menonjol untuk peningkatan produksi tanaman adalah perbaikan sifat atau karakter yang diinginkan melalui pemuliaan tanaman. Pemuliaan tanaman akan berkembang pesat jika terus menerus ada peningkatan variasi sumberdaya genetik sehingga seleksi sifat yang diinginkan dapat berjalan efektif. Sudah dikenal umum bahwa arti ilmu pemuliaan tanaman adalah gabungan antara ilmu dan seni untuk perbaikan sifat genetik tanaman agar mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan. Kepentingan ilmu dan seni untuk pemuliaan tanaman kelapa sawit relatif berubah sesuai dengan perubahan waktu dan kebutuhan. Seperti telah diketahui bahwa awalnya minyak kelapa sawit lebih banyak dikonsumsi baik berupa minyak goreng maupun sabun. Namun, untuk saat ini, minyak kelapa sawit lebih difokuskan untuk kebutuhan bahan bakar hayati (*biofuel*). Dengan adanya permintaan minyak kelapa sawit untuk bahan bakar yang meningkat setiap tahun maka pemulia tanaman kelapa sawit cenderung lebih memfokuskan perbaikan genetik tanaman kelapa sawit yang berpotensi menghasilkan minyak tinggi dan jumlah tandan yang banyak serta rata-rata bobot per tandan yang tinggi pula.

Minyak kelapa sawit secara umum adalah CPO yang disebut minyak kasar kelapa sawit (*crude palm oil*) dan KPO yang disebut minyak kernel atau *kernel palm oil*. CPO berasal dari ekstraksi bagian mesokarp buah yang diproses mulai dari pengangkutan tandan buah ke perebusan hingga pengepresan dan kemudian pemisahan inti serta janjangan kosong. Saat awal tandan buah segar akan terbagi menjadi beberapa bagian seperti: janjangan kosong, air, inti sawit, dan mesokarp. Mesokarp terdiri atas serat atau fiber dan minyak sawit kasar, selanjutnya, inti sawit terdiri atas minyak inti dan cangkang inti. Berdasarkan pengalaman di lapang (Mill), misal dari 100 kg bobot tandan buah segar (TBS) akan hilang melalui evaporasi air = 10 kg, buah sawit (berondolan) = 67 kg, dan janjangan kosong = 23 kg. Buah sawit yang 67 kg ini akan dibagi ke bagian CPO = 28 kg, serat = 9 kg, inti (nut) = 11 kg, air = 19 kg. Kemudian nut yang 11 kg tersebut akan dibagi lagi menjadi inti kernel = 4 kg, cangkang = 6 kg dan kelembaban = 1kg. Kandungan CPO pada buah sawit berbeda-beda tergantung pada sifat genetik tanaman dan lingkungan. Tanaman sawit "asalan" secara umum menghasilkan CPO rendah berkisar antara 12-18% dibandingkan dengan yang berasal dari persilangan dua induk terpilih yang bisa mencapai 36% CPO. Pada tanah mineral, kandungan CPO cenderung lebih tinggi dari pada tanah gambut. Begitu juga kandungan CPO akan cenderung tinggi pada musim kemarau dari pada musim hujan. Faktor lain yang perlu mendapat perhatian adalah sistem pengelolaan tanaman di lapang seperti perawatan dan pembangunan infrastruktur (jalan kebun). Faktor ini bisa berpengaruh terhadap produksi hingga 60-70% sedangkan genetik sekitar 30-40%. Hal ini menunjukkan bahwa walau faktor genetik tanaman sudah bagus namun sistem pengelolaan kurang bagus maka produksi TBS dan minyak CPO akan rendah.

Saat ini perbaikan sifat-sifat genetik tanaman sawit untuk meningkatkan variasi genetik sedang dilakukan oleh beberapa perusahaan besar kelapa sawit terutama perusahaan yang menghasilkan kecambah kelapa sawit atau bibit. Variasi genetik sangat bermanfaat untuk meningkatkan efisiensi seleksi induk yang unggul atau *elite*. Jika variasi genetik sempit atau rendah maka perbaikan sifat tanaman kelapa sawit berlangsung sangat lambat dan seleksi sifat yang diinginkan akan sulit dilakukan. Ada beberapa peneliti kelapa sawit yang sudah melaksanakan kajian terhadap variasi genetik tanaman sawit.

Li Hammed dkk. (2015) membuktikan bahwa penggunaan analisis *cluster* bisa mengelompokkan perbedaan genetik tanaman kelapa sawit di Malaysia (MPOB) dan Nigeria (Nifor). Dengan menggunakan 9 penanda *simple sequence repeats* (SSR), ternyata ada variasi genetik yang cukup tinggi antara materi tanaman berasal dari Nigeria dan dari Malaysia (Okeye dkk., 2016; Norziha dkk., 2008). Mereka menyimpulkan bahwa dengan adanya perbedaan variasi genetik yang cukup tinggi maka ada peluang untuk melakukan persilangan antar materi yang berasal dari Nigeria dan Malaysia. Di tiga perusahaan benih sawit Thailand, penggunaan 96 penanda SSR telah berhasil membuktikan adanya variasi genetik pada materi deli dura dan Avros pisifera (Taeprayoon dkk., 2015). Hal ini berarti bahwa ketiga perusahaan tsb masih mempunyai peluang merancang program pemuliaan tanaman untuk mendapatkan benih unggul hibrida.

Peneliti lain menunjukkan bahwa dengan menggunakan 17 penanda mikrosatelit pada sembilan persilangan D_xP *Elaeis guineensis* dari berbagai perusahaan komersial di Malaysia, Perancis, Colombia, Costa Rica, maka dihasilkan dua grup berdasarkan kemiripan genetik. Arias dkk. (2012) membuktikan bahwa grup 1 dari Perancis dan Colombia mempunyai kemiripan genetik -76% lalu grup 2 dari Malaysia, Costa Rica, Perancis dan Colombia mempunyai kemiripan genetik -66%. Selanjutnya, di antara 3 populasi tanaman sawit yang diteliti oleh Okwuagwu dkk. (2008), populasi 1 menunjukkan heritabilitas arti luas yang tinggi untuk jumlah tandan, bobot rata-rata tandan dan bobot tandan buah segar yang masing-masing nilai estimasi heritabilitas adalah 78, 88.6, and 70.7%. Kondisi ini menggambarkan bahwa adanya variasi dan diversitas genetik yang cukup besar sehingga sangat bermanfaat untuk seleksi. Namun perlu diingat bahwa penduga nilai heritabilitas arti luas yang besar tidak selalu bermanfaat untuk seleksi karena tidak adanya variasi aditif. Variasi genetik mempunyai komponen variasi seperti aditif, dominan, dan interaksi aditif dominan. Komponen variasi aditif tersebut digunakan untuk menghitung nilai penduga heritabilitas arti sempit dan heritabilitas arti sempit ini merupakan penduga sifat pewarisan yang diturunkan dari tetua ke turunannya.

Bab 3

METODE PEMULIAAN UNTUK PRODUKSI BENIH UNGGUL

Produksi bibit unggul kelapa sawit merupakan investasi sangat berharga dan tahapan yang cukup panjang namun jika dilaksanakan secara simultanius maka waktu yang dibutuhkan akan lebih efektif dan mampu menghemat dana. Salah satu tahapan yang paling strategi adalah koleksi pohon induk baik itu pohon induk dura maupun induk pisifera dengan berbagai genotipe. Beberapa contoh yang berhubungan dengan jenis populasi dura dan pisifera, yaitu famili dura seperti Chemara (Malaysia), Socfin (Malaysia), Mardi (Malaysia), Dami (Africa), Coto (Malaysia). Selanjutnya, beberapa contoh famili pisifera adalah Nigeria (Africa), Ghana, Econa, Yangambi, Avros, LaMe. Semakin beragam genotipe induk dura dan pisifera maka tahapan seleksi untuk pohon induk yang akan digunakan untuk menghasilkan persilangan unggul DxP akan mudah.

Produksi bibit unggul DxP kelapa sawit bisa melalui: a) persilangan antara tanaman dura dan pisifera untuk menghasilkan CPO tinggi, b) persilangan interspesifik untuk mendapatkan tanaman kelapa sawit kompak, pendek dengan kandungan minyak tak jenuh tinggi, c) persilangan dura dan pisifera untuk meminimumkan gejala crown disease (CD), d) sistem seleksi untuk menghasilkan tanaman kelapa sawit yang mempunyai ketahanan putatif terhadap serangan ganoderma, e) perbanyak klon kelapa sawit dari daun muda (umbut) untuk menghasilkan CPO tinggi. Hingga saat ini program pemuliaan tanaman sawit untuk menghasilkan bibit unggul sangat bervariasi dan penuh tantangan, seperti produksi mutu CPO, tahan penyakit, tanaman kompak dan pendek serta relatif cepat berbuah.

3.1 BENIH UNGGUL DENGAN PRODUKSI CPO TINGGI: RANCANGAN PERSILANGAN DAN TEKNIK SELEKSI UNTUK TANAMAN INDUK

Hampir kebanyakan sumberdaya genetik kelapa sawit di Indonesia berasal dari induk betina Deli dura. Dengan demikian latar belakang genetik akan mirip satu dengan yang lainnya sehingga variasi genetik relatif kecil atau sempit. Kondisi ini berarti bahwa induk betina dura secara umum mempunyai tingkat homogenitas yang tinggi atau heterogenitas rendah. Salah satu cara untuk meningkatkan heterogenitas atau variasi genetik induk betina dura adalah melalui introduksi tanaman dura dari Afrika, Amerika Latin maupun Amerika Tengah. Hingga saat ini, beberapa perusahaan swasta baik di Indonesia maupun di Malaysia telah mampu memetakan gen pembawa sifat tanaman kelapa sawit. Berdasarkan peta gen tsb, maka para pemulia tanaman termasuk ahli biologi molekuler akan dengan cepat memetakan sifat yang diinginkan sehingga untuk mendapatkan varietas unggul baru kelapa sawit relatif mudah.

Seminar internasional yang diadakan di Kuala Lumpur Malaysia selama dua hari, yaitu 4-5 November 2009 telah memunculkan pemetakan gen pengatur jumlah tandan, bobot tandan, kandungan minyak (kualitas dan kuantitas), tahan penyakit ganoderma dan lain sebagainya. Dari hasil seminar ini, telah diinformasikan bahwa tanaman kelapa sawit yang berasal dari Afrika (Angola, Kamerun, Nigeria, Ghana dll), Brazil, Suriname dan Kolombia ternyata berbeda jarak gen satu dengan yang lainnya. Dengan demikian persilangan antara mereka akan menghasilkan variasi yang tinggi sehingga seleksi untuk sifat yang diinginkan akan lebih mudah didapat. Selanjutnya, siklus perbaikan sifat tanaman kelapa sawit melalui persilangan konvensional yang memakan waktu 15-20 tahun dalam satu siklus akan bisa diperpendek menjadi 5-10 tahun melalui bantuan teknologi molekuler. Teknik persilangan antara induk dura dan pisifera bisa menggunakan sistem *Reciprocal Recurrent Selection* (RRS).

Kebanyakan produsen benih kelapa sawit di Indonesia, yang saat ini telah mencapai lebih dari 10 buah diantaranya adalah Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan, PT Socfindo, PT London Sumatra, PT Tunggal Yunus Estate (Asian Agri), PT Sampoerna Agro (Bina Makmur Nusantara), PT Bakri Plantation Indonesia, PT Bakti Tani Nusantara, PT Sain (Salim),

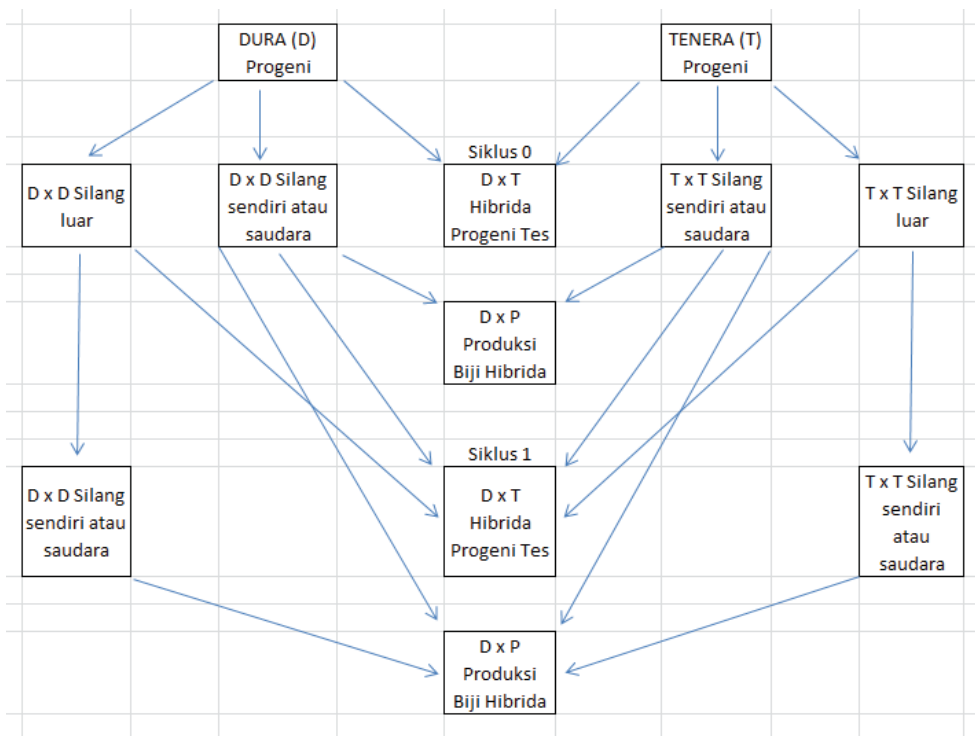
PT Mekarsari, PT Sinar Mas menggunakan metode RRS. Metode RRS ini diperkenalkan oleh CIRAD Perancis dimana melibatkan kombinasi induk dan famili berdasarkan uji projeni atau keturunan. Sehingga untuk Indonesia atau Malaysia, uji keturunan DxP masih digunakan namun sebagian besar produsen benih kelapa sawit di Afrika masih menggunakan persilangan DxT untuk menguji induk berdasarkan penampilan keturunan. Dua metode tersebut yang digunakan untuk seleksi pohon induk dura dan pisifera saling mendukung dan tidak ada pertentangan.

Pada persilangan antara DxP, selain menyilangkan kedua induk dura dan pisifera, hal utama masih diperlukan adalah persilangan untuk memperbanyak kedua pohon induk yang dimaksud. Cara memperbanyak tanaman induk pisifera adalah dilakukan persilangan antara tenera dan tenera (TxT) atau Tenera dan Pisifera (persilangan TxP). Hasil persilangan TxT bisa didapatkan keturunan tanaman yang 25% dura (D), 50% tenera (T), dan 25% pisifera (P). Dengan demikian turunan hasil persilangan TxT adalah tanaman D yang bisa digunakan sebagai induk betina dan tanaman P yang bisa digunakan sebagai induk pisifera (sumber serbuk sari). Sistem ini terlihat bahwa seleksi dan evaluasi pohon tenera unggul untuk persilangan TxT perlu dilakukan untuk mendapatkan calon pohon induk D dan induk P unggul yang akan digunakan sebagai induk betina. Selanjutnya, persilangan TxP merupakan persilangan "setengah saudara" atau *half-sib*, yaitu persilangan dari satu famili. Persilangan TxP tersebut akan menghasilkan keturunan yang 50% tenera dan 50% pisifera. Pohon sawit dengan genotipe pisifera inilah yang selanjutnya digunakan sebagai sumber serbuk sari unggul.

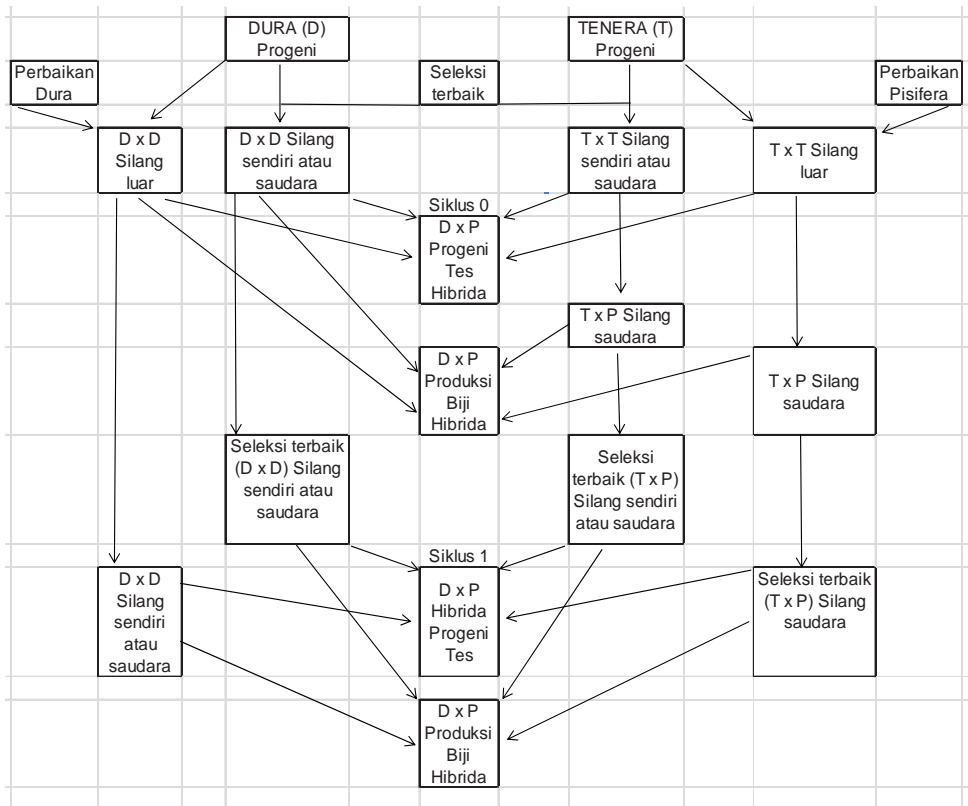
Persilangan DxT yang digunakan untuk seleksi pohon induk D dan P berdasarkan penampilan atau uji keturunan maka seleksi pohon pisifera diambil dari famili tenera. Dengan demikian berdasarkan hasil evaluasi DxT yang menghasilkan penampilan terbaik, maka induk dura tersebut cocok dengan tanaman T (hasil persilangan TxP). Sehingga untuk seleksi tanaman pisifera, cukup melihat familinya dari tanaman T bersangkutan. Hal ini berarti bahwa asal tanaman tenera tersebut dihasilkan dari sistem persilangan setengah saudara (*half-sib*). Oleh karena itu di Indonesia dan Malaysia maupun Asia Tenggara lainnya kebanyakan uji keturunan masih menggunakan persilangan DxP yang bertujuan menilaikan induk dura dan pisifera berdasarkan penampilan projeni. Dengan demikian memperbanyak pohon induk

pisifera untuk sumber serbuk sari melalui persilangan TxP, tenera yang dimaksud selanjutnya diseleksi dahulu secara fenotipe (*visual*) atau menggunakan teknik biomolekuler.

Dumortier dkk. (2011) melaksanakan perbaikan populasi Dami secara berkelanjutan secara RRS (*Reciprocal Recurrent Selection*) untuk mendapatkan kemampuan daya gabung sifat-sifat yang diinginkan. Selanjutnya, Kushairi dkk. (1999) menggunakan metode RRS untuk memperbaiki penampilan agronomi dan variasi genetik projeni DxP. Dengan demikian ada dua teknik persilangan yang digunakan untuk menilaikan induk dura dan pisifera berdasarkan penampilan projeni, yaitu uji projeni DxT (Gambar 3.1) yang biasa digunakan oleh perusahaan benih sawit di Afrika dan uji projeni DxP (Gambar 3.2) yang secara umum dilakukan oleh perusahaan benih sawit di Malaysia maupun Indonesia. Kedua teknik persilangan RRS tsb sebenarnya mirip satu dengan yang lainnya.



Gambar 3.1. Skema persilangan DxT dengan sistem RRS, reciprocal recurrent selection



Gambar 3.2. Skema persilangan DxP dengan perbaikan sifat Dura dan Pisifera menggunakan sistem RRS, reciprocal recurrent selection

Metode persilangan DxT (Gambar 3.1) ini dilakukan untuk menguji atau menilaikan induk D dan T berdasarkan penampilan projeni di lapang. Dengan demikian ada dua populasi yang digunakan sebagai induk, yaitu populasi pohon dura (D) sebagai induk betina dan populasi pohon tenera (T) sebagai induk jantan (sumber serbuk sari). Awalnya, dilakukan seleksi berdasarkan fenotipe atau penampilan pada kedua induk D dan T. Setelah itu, induk terpilih D dan T disilangkan untuk menghasilkan hibrida DxT, kegiatan tersebut masih pada siklus 0 (S0). Secara simultan atau pada saat yang bersamaan, dilakukan persilangan DxD baik selfing (sendiri), sibbing (saudara tiri) maupun crossing (beda famili) dari pohon yang sudah terpilih jadi induk. Begitu juga untuk pohon induk T dilakukan persilangan TxT sama dengan yang dilakukan pada DxD. Jika persilangan hibrida DxT pada siklus 0 sudah ada penampilan projeni yang menampakkan produksi

tinggi maka perlu dicatat secara detail induk D dan T yang menghasilkan projeni dengan produksi tinggi tersebut. Kemudian dari famili induk T yang terseleksi ini, dilakukan verifikasi atau pengecekan untuk mendapatkan pohon pisifera (P). Pohon P yang berasal dari famili yang sama dengan pohon induk T yang terpilih langsung dijadikan sebagai pohon jantan untuk sumber serbuk sari. Selanjutnya, pohon induk D dan T yang terpilih dilakukan silang sendiri lalu disilangkan lagi untuk mendapatkan siklus 1 (S1). Begitu seterusnya sehingga peningkatan produksi setiap siklus mulai S0, S1, S2 dst akan terlihat pada evaluasi di lapang.

Kondisi lain misal, untuk pohon induk D dan T yang sudah terpilih lalu disilangkan dengan famili lain (*outcrossing*) akan dinyatakan dengan siklus 1 dan masih perlu dievaluasi lagi untuk mendapatkan induk unggul berdasarkan uji projeni yang berpenampilan produksi tinggi di lapang. Setelah mendapatkan data tentang induk unggul berdasarkan penampilan projeni, maka kedua induk unggul ini dilakukan persilangan sendiri. Berdasarkan ini, maka evaluasi penampilan kedua induk D dan T hasil selfing perlu dilakukan yang kemudian dilakukan persilangan hibrida DxT untuk menilaikan kedua induk betina dan jantan. Perbanyak pohon induk D dan T (yang sudah terpilih) hasil dari selfing (sendiri), sibbing (saudara tiri) yang telah dilakukan bisa digunakan sebagai induk untuk menghasilkan benih unggul, yaitu persilangan DxP yang digunakan sebagai benih hibrida. Jika hasil dari persilangan DxT yang *outcrossing*, mampu menghasilkan projeni dengan produksi tinggi maka pohon P hasil silang sendiri induk T tsb bisa digunakan serbuk sarinya untuk menghasilkan hibrida komersial DxP. Dengan demikian, pohon induk pisifera dari famili pohon tenera disilangkan dengan induk dura yang sudah terpilih akan menghasilkan hibrida, yaitu DxP untuk dijadikan benih unggul DxP. Begitu selanjutnya, dilakukan persilangan sendiri atau saudara tiri untuk perbanyak pohon induk digunakan uji projeni pada siklus berikutnya. Persilangan sendiri atau saudara tiri ini akan mengakibatkan timbulnya *inbreeding depression* atau tekanan akibat proses inbreeding. Penampakan vegetatif tanaman yang berkali-kali dilakukan silang sendiri atau saudara tiri akan cenderung kurang vigor pertumbuhannya. Namun, sifat genetik tanaman hasil silang sendiri atau saudara tiri lebih homosigot atau inbred. Jika dilakukan persilangan antara induk-induk yang inbred ini maka hasil persilangan hibrida DxP akan berpenampilan jauh lebih baik dibandingkan dengan kedua induknya karena faktor hetero-

sis. Perlu digaris-bawahi bahwa hasil persilangan sendiri atau saudara tiri TxT akan menghasilkan projeni dengan rasio fenotipe sebagai berikut: 25% D : 50% T : 25% P. Pisifera inilah yang bisa dijadikan sebagai pohon induk jantan untuk sumber serbuk sari dan disilangkan dengan dura untuk benih unggul hibrida DxP.

Metode persilangan DxP (Gambar 3.2) ini dilakukan untuk menguji atau menilaikan induk D dan P berdasarkan penampilan projeni di lapang. Metode ini banyak dilakukan di Indonesia dan Malaysia untuk menilaikan atau menguji induk dura dan pisifera. Seleksi awal dilakukan berdasarkan data fenotipe terhadap karakter vegetatif dan generatif yang didapat dari induk dura (DxD) dan tenera (TxP). Setelah mendapatkan karakter yang diinginkan pada famili dura dan famili tenera tsb maka dilakukan persilangan sendiri atau saudara tiri. Setelah kegiatan seleksi untuk sifat yang diinginkan, seperti penambahan tinggi batang rendah, tanaman sehat tidak ada gejala defisiensi hara, produksi tandan tinggi dan besar, analisis minyak tinggi, dan komponen buah tinggi maka dilakukan persilangan DxP untuk evaluasi di lapang maka juga dilakukan persilangan sendiri atau saudara tiri DxD maupun TxT pada saat yang bersamaan (simultan).

Pohon pisifera yang digunakan adalah pohon pisifera yang berasal dari famili yang sama dengan pohon tenera yang terseleksi. Ada dua cara pengujian apakah pohon dari persilangan TxT itu pisifera atau bukan, yaitu:

- a. Pemetongan buah berondolan secara melintang, jika ditemukan inti tanpa cangkang maka pohon tersebut adalah pisifera. Cara lain yaitu pengambilan buah berondolan yang sudah lunak daging buahnya lalu diremas dengan jari-jari tangan jika menemukan inti yang kecil warna putih dan keras maka pohon tersebut adalah pisifera.
- b. Pemeriksaan pohon pisifera yang berasal dari TxT bisa dilihat terutama kondisi fisik bunga, seperti banyak tandan buah yang mengalami aborsi (gugur) dan tidak berhasil membentuk buah. Jika pohon tersebut menghasilkan buah maka banyak buah yang partenokarpi, yaitu pembesaran buah tanpa hasil peleburan sel telur dan sel kelamin jantan. Pohon yang menghasilkan buah partenokarpi ini bunga jantannya bisa dipanen lalu diproses untuk diambil serbuk sarinya. Serbuk sari dari pohon tersebut digunakan untuk disilangkan dengan bunga betina dari pohon D yang kemudian ditanam di lapang. Jika hasil persilangan tersebut ini sudah

menghasilkan buah maka segera buah berondolan dipotong melintang untuk dilihat ukuran cangkangnya. Jika secara visual menghasilkan cangkang tipis berarti serbuk sari dari pohon yang diduga pisifera ini langsung dikonfirmasi bahwa pohon tersebut pisifera. Untuk perbanyak pohon pisifera, maka pohon yang sudah dikonfirmasi untuk sumber serbuk sari segera dilakukan persilangan TxP baik sibbing maupun *outcrossing*.

Bunga tandan dari tanaman dura hasil selfing atau sibbing disilangkan dengan serbuk sari dari pohon pisifera (hasil dari TxT) yang kemudian hasil persilangan DxP tersebut ditanam di lapang sebagai siklus 0. Projeni yang ditanam tersebut akan digunakan untuk mengevaluasi pohon induk dura dan pisifera untuk bisa dijadikan sebagai induk. Jika penampakan projeni setelah dievaluasi menunjukkan keragaan (*performan*) yang unggul maka tetua dari projeni tersebut bisa digunakan sebagai induk. Selanjutnya, pohon induk dura yang terseleksi sebagai induk dilakukan persilangan sendiri atau sibbing lalu disilangkan dengan pisifera yang sudah terseleksi maka persilangan DxP merupakan siklus 1. Persilangan DxP siklus 1 ini dilakukan evaluasi lalu diseleksi berdasarkan penampakan unggul dim lapang. Kondisi ini bisa berlanjut terus berdasarkan evaluasi dan seleksi penampakan terbaik dari yang terbaik lalu persilangan DxP merupakan siklus 2 dan seterusnya.

Peningkatan keragaman genetik untuk induk D maupun T dari TxP ataupun TxT sangat diperlukan agar proses seleksi mampu mengeksplorasi karakter yang ada di kedua induk bisa maksimum. Keragaman genetik bisa dilakukan dengan melakukan persilangan yang berlainan latar belakang genetik satu dengan yang lainnya. Hasil persilangan induk-induk D dan P tersebut yang sudah mempunyai latar belakang genetik berbeda sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai induk-induk baru. Namun, beberapa tahapan persilangan dan seleksi masih perlu dilakukan untuk mendapatkan induk-induk yang relatif homogenus. Jika induk-induk sudah relatif homogenus dari hasil persilangan sendiri atau saudara tiri maka induk-induk tersebut bisa digunakan untuk menghasilkan benih hibrida unggul DxP. Selanjutnya, induk-induk yang relatif homogenus tersebut bisa juga disilangkan dengan famili lainnya untuk perbaikan sifat yang diinginkan.

Evaluasi individu pohon yang akan dijadikan induk perlu dilakukan baik itu untuk induk D maupun T begitu juga untuk induk P. Evaluasi yang dilakukan biasanya meliputi pertumbuhan vegetatif seperti :

1. Pengukuran penambahan tinggi batang, yaitu dengan cara mengukur tinggi batang dari permukaan tanah hingga pelepah ke 41. Pengukuran ini mulai dilakukan minimum 2 tahun sekali pada tanaman yang berumur 6 tahun setelah tanam (TST) hingga 18 atau 20 TST. Rumus pengukuran penambahan tinggi batang (PTB) per tahun adalah

$$PTB = \{\text{Tinggi batang umur 6 TST (cm)}\} / (6-2) \text{ tahun.}$$

Pada pembagian ada pengurangan 2 karena sebelum umur 2 TST tanaman sawit tidak bisa diukur tinggi batang. Jika pengukuran tinggi batang pada tanaman sawit umur 6 TST sebesar 180 cm maka rata-rata penambahan tinggi batang per tahun pada tanaman sawit umur 6 TST adalah 45 cm yang berasal dari $(180 \text{ cm}) / (6-2) = 45 \text{ cm per tahun.}$

2. Pengukuran panjang pelepah, yaitu mengukur pelepah mulai dari pangkal pelepah yang menempel pada batang hingga ujung daun dengan satuan cm. Pelepah tanaman sawit terdiri atas panjang rachis dan panjang petiol. Panjang rachis diukur mulai dari duri rachis awal hingga ujung daun pelepah (yang tidak membuka). Selanjutnya panjang petiol diukur mulai dari pangkal pelepah hingga duri rachis.
3. Pertambahan jumlah pelepah per tahun, diukur dengan cara, yaitu memberi tanda cat (biru) pada pelepah ke 17 pada kondisi kini (saat ini). Kemudian satu tahun lagi, penandaan cat biru pada pelepah yang ke 17 dilakukan lagi. Sehingga ada dua tanda biru pada pelepah yang nantinya akan dihitung berapa jumlah pelepah antara pelepah ke 17 yang diberi tanda biru pertama kali dan tanda biru pelepah ke 17 yang berikutnya. Cara lain yang serupa adalah dengan memberi tanda cat biru pada pelepah pertama (yang sudah membuka penuh) pada tahun (saat) ini. Kemudian satu tahun berikutnya penandaan cat biru dilakukan pada pelepah ke 1 yang membuka penuh. Pertambahan jumlah pelepah dihitung berdasarkan perhitungan jumlah pelepah antara ke dua tanda biru tersebut, yaitu pelepah ke 1 yang diberi tanda biru pada awalnya dan pelepah ke 1 yang diberi tanda biru berikutnya.

Evaluasi individu untuk variable generatif juga dilakukan, biasanya pada saat tanaman sawit berbuah awal atau berumur 5 TST. Evaluasi variable generatif yang dilakukan biasanya meliputi:

1. Jumlah tandan per pohon, yaitu menghitung jumlah tandan yang sudah dipanen dalam satu tahun. Jadi setiap kali dilakukan panen maka langsung dicatat jumlah tandan yang dipanen dalam satu pohon. Begitu seterusnya, sehingga jika rotasi panen dilakukan 10 hari sekali, maka pada pohon yang sama dihitung jumlah tandan yang dipanen dalam satu tahun. Pada satu plot percobaan biasanya ada 16 tanaman yang dihitung lalu jumlah tandan total dibagi dengan 16 yang dinamakan rata-rata jumlah tandan per plot projeni. Panen biasanya dilakukan menurut rotasi panen, yaitu ada yang 7, 8, 10 bahkan 14 hari sekali. Hal ini tergantung pada kondisi tanaman dan lingkungan.
2. Rata-rata bobot per tandan, atau disebut juga bobot janjang rata-rata, adalah total bobot tandan yang dipanen pada satu pohon dibagi dengan jumlah tandan yang dipanen.
3. Bobot tandan segar, yaitu menimbang bobot tandan buah segar (TBS) yang terlebih dulu dipotong tangkai tandan hingga dekat dengan dasar buah. Bobot TBS tersebut merupakan total tandan yang dipanen pada 16 sampel x bobot per tandan yang kemudian disetarakan dalam 1 hektare.
4. Bobot berondolan atau bobot buah, yaitu menimbang bobot buah yang sudah dilepas dari tandan dan spikelet. Kemudian sekitar 16 buah fertile (bukan buah partenokarpi) ditimbang dan dihitung rata-rata bobot per buah dengan cara membagi bobot 16 buah dengan 16.
5. Mesokarp, yaitu pengurangan dari bobot per buah dengan bobot biji. Biji-jinya diambil dengan cara merajang daging buah hingga terpisah antara biji dan daging buah.
6. Bobot kernel (inti) dan cangkang (kulit biji), yaitu biji yang sudah terpisah dengan buah sawit, dipanaskan sebentar pada suhu 110°C selama 24 jam. Kemudian biji ditumbuk dengan martir agar kernel dan cangkang bisa terpisah. Penimbangan kernel dan cangkang dilakukan karena kedua variable ini merupakan indicator kernel kecil maupun cangkang tebal.

Setelah karakter vegetatif dan generatif dievaluasi per pokok dalam setiap famili baik berasal dari famili dura, tenera (TxP), maupun projeni (DxT

dan DxP) maka dilakukan seleksi berdasarkan sifat yang diinginkan. Pokok dari dura dengan karakter yang baik dan diinginkan, dipilih berdasarkan kriteria vegetatif dan generatif. Ada tiga tahapan utama yang biasanya dijadikan dasar untuk mendapatkan pohon baik famili dura, tenera (TxP), maupun projeni (DxT dan DxP), yaitu:

- a. Evaluasi dan seleksi fenotipe
- b. Uji projeni dan produksi benih
- c. Perbaiki sifat (karakter) induk dan perbanyak

a. Evaluasi dan seleksi fenotipe

Secara umum, pada suatu kebun induk ada dua jenis tanaman yang dipelihara yaitu dura dan pisifera (dari TxT atau TxP) yang terdiri atas beberapa famili. Dengan demikian ada plot atau blok yang ditanami famili dura baik itu berasal dari selfing (silang sendiri), sibbing (silang dengan saudara tiri) maupun crossing (silang dengan famili lain). Di dalam setiap famili dura ini ditanam beberapa pohon di plot lapangan. Sistem tanam bisa dilakukan secara baris (*row*) maupun ulangan atau replikasi. Untuk famili pisifera (TxP), biasanya dilakukan penanaman yang terpisah dengan famili dura maupun projeni (DxT dan DxP). Famili pisifera berasal dari persilangan TxP maupun TxT, sehingga jika berasal dari TxP maka di dalam plot ada pohon tenera dan pohon pisifera (rasio mendekati 1:1). Selanjutnya, rasio pohon dura = 25%: tenera = 50%: pisifera = 25% akan menjadi 1 : 2 : 1 jika berasal dari TxT.

Evaluasi dilakukan secara ketat, disiplin dan tepat berdasarkan pengukuran bagian vegetatif dan generatif setiap individu tanaman, seperti pertumbuhan tinggi batang per tahun, pertumbuhan pelepah per tahun, panjang pelepah, panjang racis, panjang petiol. Selanjutnya untuk karakter generatif dilakukan analisis tandan, seperti jumlah tandan yang dipanen per tahun, bobot TBS per tahun, komponen buah (jumlah buah fertile dan partenokarpi, bobot buah per tandan, bobot berondolan atau per buah) dan kandungan minyak. Kriteria utama yang dijadikan sebagai karakter atau sifat yang diinginkan pada bagian vegetatif adalah pertumbuhan tinggi batang lambat dan pertumbuhan jumlah pelepah tinggi. Untuk kriteria vegetatif tambahan (sifat sekunder) maka yang dievaluasi adalah pelepah pendek (rachis dan

petiole), dasar pelepah tidak besar (bobot pelepah ringan), diameter kanopi kecil-sedang, dan daun pelepah sehat sehingga sifat sensitif defisiensi daun terhadap magnesium (Mg) hamper tidak ada.

Pengukuran variabel seperti penambahan jumlah pelepah dilakukan dan dimulai pada saat umur tanaman dua tahun setelah tanam (TST). Selanjutnya, pengamatan variabel hasil atau komponen hasil direkam dan dianalisis pada saat 5 atau 8 TST sedangkan untuk persilangan luar (*out crossing*) karena ada perbedaan asal maupun latar belakang genetik maka dilakukan pencatatan variabel hasil dan komponen hasil pada saat panen tahun 10 (13 TST). Kemudian kriteria utama pada bagian generatif yang diinginkan adalah jumlah tandan banyak (ratio jumlah tandan dan pelepah tinggi), mesokarp atau daging buah tebal, kadar minyak tinggi (oil extraction rate=OER). Untuk karakter generatif tambahan maka ukuran kernel dan buah (*kernel and fruit size*) perlu dipertimbangkan. Ada beberapa kriteria tambahan pada bagian generatif untuk dievaluasi seperti ukuran kernel sedang (untuk menghasilkan kernel palm oil=KPO), tangkai tandan (*stalk*) panjang, dan indeks tandan tinggi (ratio antara bobot tandan dan bobot kering tanaman).

b. Uji projeni dan produksi benih

Projeni berasal dari persilangan (DxT maupun DxP) ditanam dengan menggunakan rancangan kelompok teracak lengkap (*randomized complete block design*) atau rancangan kelompok teracak tidak lengkap (*randomized incomplete block design*) jika jumlah projeni yang ditanam banyak. Setiap projeni ada 16 tanaman yang disusun 4x4 tanaman (empat baris atau dua jalur). Tujuan pengujian projeni adalah untuk mengevaluasi kemampuan kedua induk, dura, pisifera, dan atau tenera yang diekspresikan kepada projeni atau turunan. Pencatatan data dan manajemen data merupakan hal sangat penting. Data yang diambil harus mempunyai akurasi tinggi karena uji projeni merupakan tahapan untuk penilaian pohon dura, pisifera maupun tenera menjadi pohon induk. Begitu juga pengecekan projeni yang ditanam di plot harus benar baik itu kode persilangan, ulangan atau plot nomor, dan kondisi pohon (apakah dilakukan penyulaman, diserang rayap, pertumbuhannya kerdil, tumbuh di atas tunggul, terserang ganoderma) harus dicatat.

Pengecekan data sangat diperlukan sebelum dianalisis lebih lanjut (dengan analisis statistik, anova). Setelah data dianalisis ragam maka perlu dilanjutkan dengan analisis daya gabung umum atau daya gabung khusus. Berdasarkan nilai daya gabung umum (*general combining ability*=GCA) dan daya gabung khusus (*specific combining ability*=SCA) pada variabel vegetatif dan generatif dari induk tsb (dura, tenera dan pisifera) maka dilakukan seleksi dura dan pisifera untuk produksi benih hibrida (DxP). Produksi benih dirancang berdasarkan kapasitas biji yang akan dihasilkan dari pohon induk. Dengan demikian perlu dilakukan penentuan tandan bunga yang dihasilkan setiap pohon dura dan jumlah pohon pisifera yang menghasilkan bunga jantan untuk sumber serbuk sari. Secara umum, sekitar 8-10 buah tandan bunga pada setiap pohon dura yang layak disilangkan dengan serbuk sari pisifera.

c. Perbaiki sifat dan perbanyak induk

Persilangan antar induk yang berbeda famili ataupun latar belakang genetik dengan sifat-sifat yang saling melengkapi dilakukan untuk memperbaiki sifat induk dura, tenera maupun pisifera. Tanaman yang akan dijadikan bahan persilangan bisa melalui pertukaran plasmanutfah, introduksi dari daerah asal yaitu Afrika seperti Kamerun, Angola maupun Nigeria. Sifat-sifat yang diharapkan bisa melengkapi adalah toleran ganoderma, toleran pada busuk batang, tahan terhadap cekaman air (kekeringan), tangkai tandan panjang, pelepah dasar sempit, tahan ditanam pada berbagai ketinggian (altitut), respon pada kondisi hara rendah, dan panen awal. Selanjutnya, persilangan sendiri (*selfing*) atau saudara tiri (*sibbing*) pada dura (DxD), pisifera (TxP), dan tenera (TxT) dilakukan untuk perbanyak induk dura dan pisifera yang langsung digunakan untuk benih (DxP).

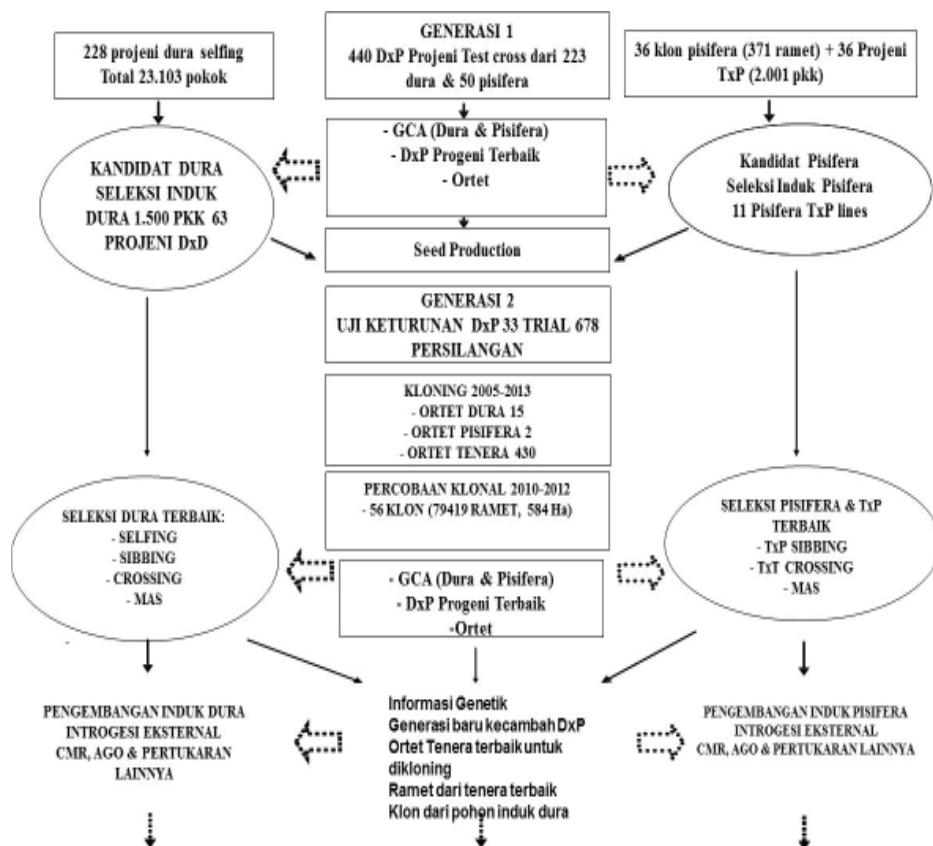
Penanaman tanaman sawit introduksi mempunyai beberapa metode yang tergantung pada kegunaannya seperti penanaman secara baris maupun dan dalam plot. Penanaman secara baris berarti bahwa tanaman sawit ditanam dalam 2 atau lebih baris dan setiap baris terdapat 10 atau lebih tanaman dengan latar belakang genotype sama (famili). Selanjutnya penanaman tanaman introduksi dalam plot berarti bahwa setiap famili ditanam dalam satu plot. Plot yang digunakan ada yang berukuran 4 x 4 tanaman atau 16 tanaman per plot dan bisa dilakukan pengulangan atau blok. Sebelum di-

lakukan seleksi terlebih dahulu tanaman introduksi tersebut diobservasi dan dievaluasi lalu seleksi tanaman yang diinginkan ditentukan berdasarkan analisis data. Penggunaan biomolekuler untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi karakter bisa mempercepat seleksi. Cros dkk. (2015) telah melakukan seleksi genom (*genomic selection*) yang merupakan metode MAS (*marker assisted selection* = MAS) untuk sifat pewarisan yang kompleks yang biasa dinamakan *reciprocal recurrent genome selection* atau RRGs. Metode RRGs akan menghasilkan genom untuk penduga nilai breeding (*genomic estimated breeding values*). Jika dibandingkan antara RRGs dan RRS maka keakuratan seleksi untuk RRS lebih tinggi yaitu 0.967 ± 0.003 (SD) sedangkan RRGs mempunyai 0.934 ± 0.008 (SD). Metode RRGs ini akan bermanfaat jika menyeleksi progeni dalam jumlah yang besar seperti 300 progeni.

Setelah beberapa tanaman terseleksi berdasarkan sifat-sifat yang diinginkan maka dilakukan *selfing* atau *sibbing* yang kemudian dievaluasi lagi. Persilangan antara introduksi yang terseleksi dengan induk yang sudah dikonfirmasi (ditentukan) dilakukan kemudian ditanam di lapang. Progeni dura yang sudah ditanam di lapang dievaluasi lagi kemudian diseleksi dan dilakukan persilangan dengan pisifera atau tenera terpilih sebagai sumber serbuk sari. Seleksi tanaman untuk dijadikan induk sebaiknya dipilih berdasarkan penampilan turunannya (*progeny*). Selanjutnya untuk induk hasil persilangan antar famili yang berbeda dan atau antar induk yang berbeda latar belakang genetik maka diperlukan penanaman blok atau replikasi. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan data yang lebih akurat dan menilaikan kestabilan serta penampakan sifat induk pada plot atau lokasi berbeda. Dengan demikian perbaikan sifat induk bisa melalui persilangan dengan kerabat dekat atau beda famili untuk meningkatkan keragaman (variasi). Selanjutnya, perbanyakkan induk yang terseleksi dilakukan persilangan sendiri (*selfing*) atau saudara tiri (*Sibbing*).

Gambar 3.2 menunjukkan tentang metode pemuliaan tanaman dengan menggunakan modifikasi RRS. Berdasarkan sistem ini bahwa ada dua populasi, yaitu dura dan pisifera. Dua populasi tersebut merupakan hasil evaluasi dan seleksi dari persilangan generasi awal (G₀) yang kemudian untuk digunakan sebagai induk. Dengan demikian generasi awal atau 0 (G₀) pada Gambar 3.3 merupakan persilangan induk dura dan pisifera yang tidak dicantumkan. Jadi hasil seleksi berdasarkan G₀ memperoleh induk dura

sebanyak 228 projeni dan indfuk pisifera sebanyak 72 projeni (36 projeni hasil persilangan TxP dan 36 projeni hasil dari klon).



Gambar 3.3. Modifikasi sistem pemuliaan tanaman RRS untuk menghasilkan benih DxP secara konvensional, semi-klon dan bi-klon

Generasi 1 (G1) merupakan persilangan sebanyak 440 projeni DxP yang berasal dari 223 dura dan 50 pisifera dilakukan di lokasi sumber plasma nutfah. Selanjutnya, induk dura sebanyak 223 projeni tersebut dilakukan selfing atau sibbing. Begitu juga induk pisifera dilakukan sibbing (TxP). Kedua hasil persilangan ini kemudian ditanam di lokasi pengembangan induk untuk diusahakan produksi kecambah atau bibit. Dengan demikian, di lokasi pengembangan dan produksi kecambah telah ditanam secara bersamaan, yaitu induk dura hasil selfing, induk pisifera hasil sibbing dan klon serta hibrida DxP G1 yang akan dievaluasi. Jadi persilangan DxP G1 ber-

tujuan untuk menguji projeni di lapang dari 223 dura dan 50 pisifera yang kemudian diseleksi berdasarkan penampakan atau data fenotipe terbaik. Data hasil evaluasi dan seleksi dari persilangan tersebut digunakan untuk menentukan induk dura dan pisifera yang nantinya akan dilakukan persilangan menghasilkan kecambah komersial DxP hibrida.

Tabel 3.1 Skema 50 projeni yang berasal dari persilangan antara 20 dura dan 6 pisifera

No	Dura Genotipe	Pisifera						Persilangan
		1	2	3	4	5	6	
		E15.56	E16.94	E17.23	E17.52	E17.53	G21.61	
1	C60.07			X		X	X	3
2	C75.46		X	X	X			3
3	D107.03		X	X		X		3
4	D107.19			X	X	X		3
5	D107.44	X		X			X	3
6	D107.49					X		1
7	D107.50			X			X	2
8	D116.42	X			X	X		3
9	D172.12					X	X	2
10	D209.15	X	X		X			3
11	D209.27				X			1
12	D209.41	X	X				X	3
13	H219.01				X	X	X	3
14	H219.06	X	X		X			3
15	H219.12	X				X	X	3
16	H219.43	X				X	X	3
17	H219.66	X			X		X	3
18	H222.31		X		X			2
19	H222.44	X						1
20	H222.54	X				X		2
Persilangan		10	6	6	9	10	9	50

Projeni DxP yang berjumlah 440 persilangan dari 223 dura dan 50 pisifera dievaluasi dengan menggunakan analisis daya gabung umum (*general combining ability* = GCA) dan daya gabung khusus (*specific combining ability* = SCA). Kemudian berdasarkan perhitungan data fenotipe, maka famili dura dan pisifera yang mempunyai nilai GCA atau SCA tinggi, diseleksi yang selanjutnya digunakan sebagai induk untuk produksi benih unggul

DxP. Beberapa peneliti seperti Noh dkk. (2012) dan Alvarado dkk. (2000) juga mengevaluasi sifat-sifat yang secara ekonomi menguntungkan dengan menggunakan nilai estimasi GCA.

Contoh perhitungan berdasarkan modifikasi RRS yang tertera seperti pada Gambar 1.10. Percobaan ini dilakukan di Sumatra Utara dengan tipe tanah aluvial, penanaman dilakukan pada Desember 2000 dan awal panen hasil pada April 2005. Tanaman sebelumnya adalah kelapa sawit atau penanaman sawit setelah sawit (*replanting*). Ada 50 projeni yang berasal dari persilangan 20 dura dan 6 pisifera (Tabel 1). Rancangan persilangan (*mating design*) menggunakan North Carolina II (NC II) yang saling berhubungan (*connected design*). Selanjutnya, rancangan perlakuan disusun secara acak kelompok tidak lengkap (*randomized incomplete block design*) dengan dua ulangan yang setiap ulangan ada 5 kelompok dan setiap kelompok ada 10 plot (Tabel 3.2). Setiap plot terdiri dari 16 tanaman dalam satu projeni dengan populasi 136 tanaman per ha.

Tabel 3.2 Skema pengacakan 50 projeni yang berasal dari persilangan antara 20 dura dan 6 pisifera dengan menggunakan rancangan Cyclic (Cyclic Design)

Ulangan	Kelompok	Plot									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		Nomor Projeni									
	1	8	5	4	23	25	3	43	49	33	19
	2	18	26	24	12	45	32	39	21	36	41
	3	1	37	16	22	42	7	30	48	15	44
	4	27	2	38	20	9	29	28	10	6	50
	5	47	35	46	34	40	11	13	14	31	17
2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Nomor Projeni									
	1	4	10	45	31	38	36	7	12	37	2
	2	15	46	14	32	43	39	17	16	18	27
	3	9	23	22	28	25	5	35	33	19	13
	4	26	8	29	41	6	34	30	1	40	42
5	11	3	50	47	48	21	24	44	49	20	

Nilai estimasi GCA dura and pisifera adalah:

$$Y_{ij} = \mu + GCA_D + GCA_P + SCA_{DXP} + E_{ij}$$

dimana:

μ = nilai rata-rata umum

GCA_D = nilai estimasi daya gabung umum untuk dura

GCA_P = nilai estimasi daya gabung umum untuk pisifera

SCA_{DXP} = nilai estimasi daya gabung khusus atau merupakan interaksi antara dura dan pisifera

E_{ij} = nilai galat dari dura i dan pisifera j

Nilai GCA dapat menggunakan model linier (Irik, 2011) seperti berikut:

$$Y_i = \mu + GCA_p + e_i$$

Dimana Y_i = nilai tengah induk (*parent*) dan e_i adalah galat.

Sebagai contoh Tabel 3: ada 6 induk (3 dura dan 3 pisifera) dengan notasi D, C, H untuk induk dura dan E, G, N untuk pisifera disilangkan untuk menghasilkan 9 persilangan (ED, EC, EH,.....NH). Hitung nilai GCA induk:

Tabel 3.3 Nilai tengah produksi tandan buah segar (TBS) ton/ha/thn hasil persilangan antara tiga pisifera dan tiga dura pada umur tanaman 10 TST

Induk Dura	Induk Pisifera			Rataan Silang sister
	E	N	G	
D	24	30	21	25
C	26	34	24	28
H	22	26	27	25
Rataan Silang sister	24	30	24	Rataan umum=26

Nilai GCA = nilai rataan projeni dikurangi oleh nilai rataan umum.

$$GCA_E = 24 - 26 = -2$$

$$GCA_N = 30 - 26 = +4$$

$$GCA_G = 24 - 26 = -2 \text{ dan seterusnya.}$$

Nilai SCA merupakan perbedaan nilai hasil persilangan dan nilai yang diharapkan dari nilai rataan umum dan nilai GCA induk.

$$SCA_{ND} = 30 - (30 + 25)/2 = 2,5 \text{ atau } 4 - (4 - 1)/2 = 2,5$$

$$SCA_{GH} = 27 - (24 + 25)/2 = 2,5 \text{ atau } 1 - (-2 + -1)/2 = 2,5 \text{ dan seterusnya.}$$

Sehingga untuk

$$Y_{ND} = \mu + GCA_N + GCA_D + SCA_{ND}$$

$$Y_{ND} = 26 + 4 + (-1) + 2,5 = 31,5$$

dengan demikian, nilai hasil TBS berdasarkan GCA untuk projeni hasil persilangan N x D adalah 31,5 ton TBS/ha/tahun. Hasil TBS tersebut hampir mendekati nilai kenyataan, yaitu 30 ton TBS/ha/thn. Penggunaan nilai penduga SCA untuk memprediksi produksi TBS tanaman kelapa sawit lebih mendekati dengan nilai realisasi produksi TBS karena SCA merupakan nilai daya gabung khusus. Selanjutnya, penentuan prediksi produksi menggunakan nilai GCA perlu sedikit modifikasi karena nilai produksi TBS berdasarkan GCA hampir sama dengan nilai realisasi produksi TBS. Berdasarkan perhitungan di atas maka nilai prediksi produksi TBS masih diperlukan faktor pengali yang berkisar antara 4-6% lebih rendah dari nilai penduga GCA. Misalnya, nilai prediksi produksi TBS berdasarkan GCA adalah 31,5 ton/ha/th maka nilai realisasi produksi TBS akan berkisar 29-30 ton/ha/th.

Langkah awal dalam percobaan uji hasil projeni hasil persilangan beberapa induk dura dan pisifera adalah menentukan area atau lahan yang akan digunakan untuk uji projeni. Kegiatan yang bisa dilakukan bersamaan dengan hal ini adalah membuat skema persilangan (Table 1).

Sistem pengacakan menggunakan *Cyclic design*, masing-masing plot ada nomer projeni jadi setiap kelompok ada 10 plot yang terisi 10 projeni. Setiap plot ditanam projeni dengan jumlah tanaman 16 pokok yang disusun secara barisan 4x4 dan langsung diberi nomer pada pokok 1-16. Penomeran ini sangat berguna untuk pencatatan data setiap pokok dalam setiap projeni.

Variabel pertumbuhan vegetatif yang diamati adalah penambahan jumlah pelepah (*front production*= FP), panjang rachis (*rachis length*= RL), panjang petiol (*petiole length*= PL), panjang pelepah (*front length*= FL), luas daun (*leaf area*= LA), rasio luas daun (*leaf area ratio*= LAR), jari-jari kanopi (*canopy radius*= CR), penambahan tinggi batang (*height increment*= Hi⁺). Pengukuran leaf area ratio (LAR) berdasarkan rasio antara luas daun dan bobot kering tanaman. Begitu juga penambahan tinggi batang (Hi⁺) dihitung berdasarkan rumus :

$$Hi^+ = T/(N-2)$$

T = tinggi batang mulai dari permukaan tanah hingga pelepah ke 41
 N = umur tanaman

Cara penghitungan pertambahan pelepah adalah pada saat tanaman berumur 1 TST maka dilakukan penanda pelepah (*Leaf marker*) yang nomer 1. Pelepah nomer 1 ini adalah pelepah muda yang anak daunnya telah membuka penuh dan sudah terlihat ada duri rakis. Kemudian pada saat tanaman berumur 2 TST, yaitu 1 tahun kemudian maka dilakukan lagi penanda pelepah pada pelepah nomer 1. Perhitungan pertambahan jumlah pelepah per tahun adalah selisih jumlah pelepah di antara pelepah yang telah diberi penanda pelepah awal (umur 1 TST) dan penanda pelepah berikutnya (umur 2 TST). Pada saat umur tanaman 3 TST maka dilakukan penanda pelepah pada pelepah muda nomer 1 lalu perhitungan pelepah berdasarkan jumlah pelepah di antara penanda pelepah pada saat umur 2 TST dan umur 3 TST (Gambar 3.4) dan seterusnya.



Gambar 3.4. Sistem penghitungan jumlah pelepah setiap satu lingkaran berjumlah 8 buah



Gambar 3.5. Sistem penghitungan panjang rachis mulai ujung hingga duri pangkal

Pada Gambar 3.4 terlihat bahwa batang kelapa sawit mempunyai spiral kiri karena penambahan pelepah ke arah kanan ke bawah, jadi setiap penurunan satu lingkaran pelepah ke arah kanan terdapat selisih jumlah pelepah 8 buah. Di sini terlihat ada susunan yang teratur mulai pelepah 1 turun ke arah kanan adalah pelepah 9 lalu turun ke arah kanan lagi pelepah 17, kemudian pelepah 25 dst. Jumlah pelepah yang ditunjuk dengan alat dodos adalah jumlah pelepah ke 36. Di sini terjadi penambahan 3 pelepah jika ada pelepah yang berada persis di sebelah kiri kalau ada pelepah persis di sebelah kanan maka terjadi penambahan 5 pelepah, yaitu jumlah pelepah yang ke 38. Kondisi ini berlaku sebaliknya, yaitu jika batang kelapa sawit mempunyai spiral kanan, maka perhitungan jumlah pelepah sama hanya perbedaannya terletak pada posisi pelepah yang berada persis di sebelah kiri atau kanan. Jika pelepah terbawah menunjuk pelepah ke 33 maka pelepah yang berada persis di sebelah kiri terjadi penambahan 5 pelepah (38 pelepah) dan jika ada pelepah setelah pelepah ke 33 persis di sebelah kanan maka terjadi penambahan 3 pelepah (36 pelepah). Perhitungan jumlah pelepah ini menurut tata cara yang telah ditulis oleh Hartley (1988).



Gambar 3.6. Sistem penghitungan panjang petiol mulai dari pangkal pelepah hingga ujung duri

Panjang pelepah (FL) merupakan jumlah panjang rakis (RL) dan panjang petiol (PL). Panjang rakis merupakan ukuran panjang yang dimulai dari ujung anak daun di pelepah hingga duri yang ada di pelepah (Gambar

3.5). Selanjutnya, pengukuran panjang petiol dimulai dari pangkal pelepah yang menempel batang hingga bagian duri rakis (Gambar 3.6). Secara *scientific*, pengukuran panjang rakis dilakukan pada pelapah ke 17 karena merupakan pelepah yang tumbuh optimum dan menjadi bahan analisis kandungan hara daun.



Gambar 3.7. Sistem pengukuran tinggi batang mulai permukaan tanah hingga pelepah ke 41

Pertambahan tinggi batang merupakan salah satu variabel vegetatif yang cukup penting untuk pengembangan tanaman sawit mendatang, yaitu pertambahan tinggi batang yang rendah. Saat awal pengukuran pertambahan tinggi batang dilakukan pada saat tanaman sawit berumur 3 TST. Hal ini dilakukan karena secara umum pelepah tanaman sawit muda (1-2 TST) masih melekat pada batang sehingga sulit dilakukan pengukuran tinggi batang. Oleh karena itu rumus pertambahan tinggi batang adalah panjang batang dari permukaan tanah hingga batas dasar pelepah ke 41 dan dibagi dengan umur tanaman saat tanam dikurangi 2 ($N-2$). Pengukuran pertambahan tinggi batang ini harus dilakukan dengan melihat batas pengukuran pada pelepah ke 41 yang sejajar dengan mata agar tidak terjadi kesalahan paralak (Gambar 3.7). Di lain pihak ada yang melakukan pengukuran awal pertambahan batang pada saat tanaman sawit mencapai umur 9 TST. Se-

lanjutnya, ada yang berpendapat bahwa pengukuran pertambahan tinggi batang dilakukan satu kali saja yaitu pada saat tanaman sawit berumur 16 TST (saat pertumbuhan dan reproduktif optimum). Kondisi ini bergantung pada tujuan utama dan manfaat pengukuran pertambahan tinggi batang. Ada beberapa cara pengukuran tinggi batang seperti:

- a. Tinggi batang dilakukan pengukuran mulai dari permukaan tanah hingga duri rakis pelepah ke 17.
- b. Pengukuran tinggi batang mulai dari permukaan tanah sampai pelepah ke 33.
- c. Pengukuran tinggi batang dilakukan mulai dari permukaan tanah hingga batas dasar pelepah ke 41.

Alasan adanya perbedaan cara pengukuran tinggi batang yang diukur dari permukaan tanah hingga duri rakis pelepah ke 17, karena pengambilan sampel daun untuk analisis kandungan dan status hara tanaman diambil dari pelepah ke 17. Kelemahan pengukuran cara ini adalah teknisi akan mengalami kesulitan saat mencapai batas duri pelepah ke 17 karena harus memanjat. Cara pengukuran tinggi batang yang kedua, mulai permukaan tanah hingga batas dasar pelepah ke 33 karena diasumsikan bahwa pelepah ke 33 merupakan pelepah yang letaknya mendekati titik tumbuh tanaman sehingga bisa digunakan untuk mewakili batas pengukuran. Saat diskusi Harmonisasi TG (*technical guidelines*) Kelapa Sawit di PPKS Medan, 20-21 Maret 2012 ternyata masih ada yang menggunakan cara pengukuran hingga titik dasar pelepah ke 33 namun cara ini kurang begitu sesuai terutama untuk tanaman sawit sebelum umur 9 TST karena teknisi masih mengalami kesulitan untuk mencapai titik dasar pelepah ke 33 (apalagi untuk varietas yang mempunyai pertambahan jumlah pelepah >33 buah per tahun). Lalu berdasarkan kesepakatan bersama dengan negara Asia, yaitu East Asia Plant Variety Protection Forum, EAPVP (2012) serta Pohl dan Loong (2016) maka telah ditetapkan cara pengukuran tinggi batang untuk tanaman sawit yaitu mulai dari permukaan tanah hingga dasar pelepah ke 41. Keuntungan penggunaan batas dasar pelepah ke 41 adalah teknisi tidak mengalami kesulitan dalam penentuan batas pelepah 41 untuk pengukuran tinggi batang.

Tabel 3.4. Data vegetatif komponen pelepah dan penyakit fisiologis, Crown Disease saat umur tanaman 10 tahun setelah tanam

No	Dura	Plisifera	Tahun Panen ke 8		Rata-rata 8 Tahun		Analisis Tandans								8-tahun mean		Pengukuran daun						Produksi Pelepah		Tinggi batang		Radius		Crown Dis.	
			04/12- 03/13		04/05- 03/13		Na	M/F	O/M	O/B	K/B	Fw	Kg	CPO	TEP	LA	LAR	RL	PL	FL	Thn-10	Rataan	Ht	H.Inc	Thn-10	Total	Thn-7			
			Bn	FFB	Bw	Bn																						FFB	Bw	kg/pha/thn
			Bn	FFB	Bw	Bn	FFB	Bw	kg/pha/thn	kg/pha/thn	%	%	%	%	%	%	m ²	m ² /kg	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
1	H219.66	E 15.56	11.2	231	20.7	18.1	207	11.4	39	87.8	60.4	35.4	2.8	10.1	0.42	8.5	9.0	10.24	2.21	630	181	802	24.1	27.5	485	61.3	653	17.7	0.0	
2	D 107.44	E 15.56	12.0	275	23.0	15.8	206	13.0	39	86.2	60.2	34.8	3.8	9.0	0.51	8.3	9.0	12.13	2.50	595	177	772	23.7	26.4	424	53.6	637	14.2	0.0	
3	D 107.19	E 17.52	11.8	244	20.7	18.4	226	12.3	28	80.1	59.0	31.3	5.5	8.1	0.67	8.2	9.3	10.74	2.60	623	159	782	21.8	24.6	454	57.3	682	15.8	0.0	
4	D 209.27	E 17.52	11.8	260	22.1	18.4	235	12.7	26	81.7	57.9	29.9	4.9	6.9	0.54	8.2	9.1	12.13	2.37	679	176	855	23.0	25.7	477	60.2	641	10.7	0.0	
5	D 107.50	G 21.61	11.3	262	23.2	14.9	211	14.2	31	83.0	58.3	32.8	4.3	11.1	0.70	8.1	8.8	11.04	2.28	606	154	776	23.1	26.5	485	61.3	633	17.4	3.6	
6	D 209.15	E 16.94	10.7	212	19.9	16.2	206	12.7	28	86.3	60.0	33.5	3.5	8.6	0.46	8.0	8.6	12.57	2.42	690	176	867	23.2	26.3	479	60.5	576	17.6	3.3	
7	D 107.50	E 17.23	9.9	239	24.1	15.5	210	13.5	27	82.2	59.5	32.8	4.2	11.8	0.74	8.0	8.7	14.24	3.24	627	179	905	24.4	27.1	492	62.2	557	36.8	0.0	
8	D 172.12	E 17.53	10.6	205	19.3	17.9	202	11.2	31	81.9	62.1	34.0	4.4	7.3	0.48	8.0	8.7	11.51	2.78	651	175	825	22.4	25.9	481	60.7	672	70.1	0.0	
9	D 107.3	E 16.94	11.5	241	21.0	16.4	201	12.3	30	86.2	59.1	34.0	3.9	8.1	0.47	7.9	8.6	10.88	2.60	604	172	776	23.9	26.8	445	56.2	682	3.6	0.0	
10	H 219.6	E 17.52	11.7	239	20.4	18.1	220	12.2	38	79.8	59.6	30.9	5.1	7.9	0.62	7.9	8.8	10.55	2.30	645	166	811	22.0	25.3	508	64.2	596	10.5	0.0	
11	H 219.6	E 16.94	10.2	218	21.5	15.4	201	13.1	28	86.2	60.9	33.7	3.3	8.7	0.44	7.9	8.4	10.78	2.26	675	175	800	22.3	25.7	476	60.1	660	7.1	0.0	
12	D 209.41	E 15.56	12.1	258	21.2	18.1	217	12.0	27	85.7	57.4	31.2	3.6	7.8	0.45	7.9	8.5	12.32	2.60	633	173	805	24.0	27.2	408	50.5	673	13.8	0.0	
13	D 209.15	E 17.52	11.3	226	20.0	17.0	221	13.0	32	81.4	57.7	30.4	5.0	8.5	0.65	7.8	8.7	12.69	2.35	679	178	867	23.6	26.1	517	65.3	679	22.0	3.8	
14	D 209.15	E 15.56	11.0	230	20.9	16.5	204	12.4	35	85.7	57.4	32.8	3.9	8.8	0.52	7.8	8.5	12.13	2.49	639	177	817	23.7	26.7	422	53.3	680	7.7	0.0	
15	D 209.41	E 16.94	11.2	235	21.1	17.3	214	12.4	27	85.0	59.0	31.1	3.8	8.0	0.48	7.7	8.4	11.43	2.46	658	179	835	23.7	27.1	440	55.5	610	25.0	3.3	
16	D 107.44	E 17.23	11.6	258	22.3	16.5	208	12.6	27	81.7	59.7	31.9	4.4	10.7	0.72	7.7	8.5	13.42	3.20	650	180	829	24.2	27.0	449	56.7	603	22.0	0.0	
17	D 116.42	E 15.56	10.2	205	20.1	18.6	206	11.1	27	80.9	58.0	32.0	5.0	9.2	0.68	7.7	8.5	9.93	2.56	593	180	771	23.7	27.5	419	53.0	633	25.4	0.0	
18	D 107.44	G 21.61	11.5	249	21.7	15.6	197	12.6	23	82.6	59.5	33.1	4.4	11.2	0.72	7.6	8.3	10.01	2.43	614	153	766	22.3	26.7	484	61.1	665	37.5	0.0	
19	H 219.66	E 17.52	10.6	203	19.2	18.4	210	11.4	17	79.2	58.8	30.8	5.2	9.0	0.70	7.5	8.4	10.73	2.37	660	168	825	22.5	26.1	555	70.1	670	6.3	0.0	
20	D 172.12	G 21.61	11.2	253	22.6	15.7	205	13.1	19	81.3	57.1	31.3	4.8	10.2	0.72	7.5	8.3	10.24	2.23	623	153	777	23.5	26.4	464	58.6	669	57.9	0.0	
21	H 222.31	E 17.52	11.2	226	20.2	17.6	225	12.8	19	78.6	58.5	28.5	4.6	7.9	0.59	7.5	8.3	11.54	2.70	628	178	806	22.6	25.9	518	65.4	649	23.9	0.0	
22	D 107.19	E 17.23	11.3	259	22.9	15.5	198	12.8	33	80.4	59.4	32.3	4.6	10.6	0.72	7.4	8.2	12.77	2.89	651	180	831	23.8	26.6	467	59.0	604	27.6	3.6	
23	H 222.31	E 16.94	13.0	250	19.2	15.7	201	12.8	20	82.7	60.8	31.8	3.3	8.2	0.42	7.4	8.0	11.24	2.30	629	184	810	23.1	27.0	489	61.8	672	25.6	3.1	
24	D 107.19	E 17.53	11.7	218	18.7	17.5	199	11.4	30	80.8	59.3	32.0	4.9	8.2	0.59	7.4	8.2	9.89	2.52	593	159	753	22.0	25.1	410	51.7	648	17.1	0.0	
25	D 107.3	E 17.23	10.6	228	21.6	15.8	203	12.9	24	80.4	57.9	31.2	5.1	9.8	0.75	7.4	8.2	11.90	2.84	625	178	803	24.4	27.4	495	62.5	592	21.0	0.0	
26	H 222.44	E 15.56	11.7	234	20.0	16.6	206	12.4	24	79.5	58.8	30.7	4.8	9.7	0.71	7.4	8.2	12.07	2.28	661	182	843	22.4	26.0	434	54.9	682	25.0	0.0	
27	D 107.3	E 17.53	10.7	219	20.4	16.2	197	12.1	27	83.6	59.1	32.2	4.0	6.8	0.42	7.4	8.0	11.78	2.93	604	165	769	23.5	26.0	419	52.9	655	24.3	0.0	
28	H 219.6	E 15.56	9.5	209	22.0	14.2	187	13.1	19	86.9	59.1	33.8	3.2	8.6	0.42	7.3	7.8	11.45	2.49	627	177	807	23.5	26.9	433	54.7	689	40.6	3.1	
29	D 107.49	E 17.53	12.1	250	20.7	16.7	195	11.6	17	81.2	60.0	32.3	4.5	8.8	0.60	7.3	8.0	11.20	2.57	638	170	807	23.6	26.7	470	59.3	677	25.4	0.0	
30	H 222.54	E 15.56	12.0	244	20.4	16.9	211	12.5	22	80.2	57.9	29.5	4.1	9.4	0.61	7.2	7.9	10.91	2.41	629	196	825	22.8	26.8	462	58.3	665	11.3	0.0	
31	H 219.43	E 16.94	11.5	234	20.3	15.0	192	12.8	28	83.9	60.7	32.3	3.9	8.6	0.52	7.2	7.8	11.38	2.50	658	182	840	24.2	27.4	483	61.0	672	10.7	0.0	
32	H 219.12	E 17.53	10.9	225	20.7	16.8	203	12.1	20	79.6	59.2	30.6	4.7	8.5	0.61	7.2	8.0	11.15	2.84	631	170	798	22.6	26.3	439	55.5	657	18.8	0.0	
33	H 219.1	E 17.53	11.8	242	20.5	17.1	207	12.1	27	79.5	57.6	29.4	4.8	9.2	0.69	7.1	7.9	10.92	2.59	642	169	812	23.3	25.4	429	54.2	644	6.3	0.0	
34	H 219.43	E 15.56	10.2	212	20.8	15.5	191	12.3	20	81.6	59.3	31.9	4.7	9.7	0.67	7.1	7.8	11.37	2.54	643	183	826	23.5	27.1	431	54.4	670	9.4	0.0	
35	H 222.54	E 17.53	11.0	251	23.0	16.0	213	13.3	31	76.7	59.0	28.4	5.0	10.9	0.86	7.0	7.9	13.28	2.65	673	201	874	23.8	27.2	487	61.5	669	13.4	3.6	
36	C 60.7	E 17.23	9.9	209	21.1	16.6	206	12.4	26	75.2	58.7	28.9	5.3	9.8	0.79	6.9	7.8	11.99	2.51	662	188	800	25.5	28.7	534	67.5	673	33.9	0.0	
37	H 219.66	G 21.61	10.0	217	21.7	15.1	191	12.7	14	80.3	56.9	31.0	4.8	10.1	0.71	6.9	7.6	9.98	2.40	612	158	767	24.1	27.6	527	66.6	679	9.4	0.0	
38	H 219.12	G 21.61	10.5	246	23.4	13.2	192	14.6	17	80.7	57.1	30.6	5.0	9.6	0.71	6.8	7.6	10.38	2.62	608	152	760	23.2	27.2	494	62.4	671	34.4	0.0	
39	C 60.7	E 17.53	11.6	234	20.3	17.6	202	11.5	19	77.0	59.5	28.9	4.7	8.3	0.62	6.8	7.6	11.31	2.55	626	169	793	23.5	27.1	487	61.5	660	14.9	0.0	
40	H 219.1	G 21.61	10.0	224	22.5	14.5	196	13.6	27	82.0	57.4	29.7	4.5	12.0	0.86	6.8	7.5	10.07	2.32	613	155	769	22.8	26.6	469	59.3	666	20.9	0.0	
41	D 116.42	E 17.53	11.8	234	19.7	18.1	201	11.1	26	74.0	59.0	29.0	6.7	8.4	0.85	6.8	7.8	9.73	2.74	600	165	765	23.2	26.2	415	52.5	648	32.1	0.0	
42	D 116.42	E 17.52	11.5	226	19.7	18.5	212	11.5	29	72.9	57.6	27.2	7.2	8.8	0.97	6.7	8.0	9.87	2.68	606	174	780	23.8	27.1	500	63.2	657	15.6	0.0	
43	D 209.41	G 21.61	11.7	263	22.6	16.4	216	13.2	23	79.8	52.6	26.8	4.7	10.2	0.75	6.7	7.6	10.74	2.22	619	151	774	23.8	27.3	457					

Contoh data vegetatif 50 projeni tertera pada Tabel 4. Nilai rata-rata luas daun dan rasio luas daun masing-masing berkisar antara 9,73-14,24 m² dan 2,16-3,24. Projeni yang menunjukkan luas daun relatif tinggi adalah D107.50 x E17.23, yaitu 14,24 m². Projeni ini juga mempunyai rasio luas daun tinggi, yaitu 3,24. Hal ini berarti bahwa projeni hasil persilangan D107.50 x E17.23 mempunyai potensi menghasilkan fotosintat tinggi.

Selanjutnya, komponen pelepah yang terdiri atas panjang rakis, panjang petiol dan panjang pelepah berturut-turut adalah berkisar antara 593-690 cm, 151-201 cm, dan 753-874 cm. Projeni yang mempunyai pelepah relatif pendek adalah dari persilangan D107.19 x E17.53, yaitu 753 cm. Namun projeni ini menunjukkan luas daun dan rasio luas daun yang cukup rendah, berturut-turut 9,89 m² dan 2,52. Rata-rata produksi pelepah pada tahun ke 9 mempunyai kisaran 21,8-25,8 buah. Rata-rata produksi pelepah untuk 10 projeni terbaik adalah 23,1 buah. Kondisi ini menunjukkan bahwa 10 projeni terbaik terlihat berpotensi untuk menghasilkan fotosintat optimum. Hal ini terbukti bahwa persilangan D107.50 x E17.23 mampu berproduksi pelepah pada tahun ke 9 rata-rata 24,4 buah yang lebih tinggi daripada rata-rata jumlah pelepah dari 10 projeni terbaik. Selanjutnya, rata-rata pertambahan jumlah pelepah hingga tahun ke 9 adalah berkisar 24,6-28,7 buah per tahun. Di sini terlihat bahwa persilangan D107.50 x E17.23 masih mampu mempunyai pertambahan jumlah pelepah per tahun yang sedang jika dibandingkan dengan rata-rata umum pertambahan pelepah dari 50 projeni, yaitu 27,1 buah. Menariknya, projeni yang mempunyai rata-rata pertambahan jumlah pelepah tinggi, yaitu 28,7 buah per tahun yang dimiliki oleh C60.7 x E17.23 malah mempunyai pelepah yang relatif panjang, yaitu 850 cm. Projeni dengan pelepah yang panjang kemungkinan kurang sesuai ditanam pada populasi (densitas) tinggi seperti >136 pokok/ha. Jika projeni yang mempunyai karakter pelepah panjang ditanam pada populasi tinggi per ha (150 pokok/ha) maka akan terjadi saling menaungi terutama saat tanaman sawit mencapai umur >13 TST. Tanaman yang saling menaungi bisa menyebabkan terjadi etiolasi sehingga sangat berpengaruh buruk pada produksi. Pernyataan ini didukung oleh hasil penelitian tentang tanaman penutup tanah atau LCC yang ditanam pada kondisi naungan (Sungkono dan Setiawan, 2001). Selain tanaman penutup tanah, tanaman padi yang ditanam di bawah kondisi naungan juga menunjukkan pertumbuhan etiolasi sehingga produksi gabah

menurun drastis (Sungkono dan Setiawan, 2004; Setiawan dkk., 2003). Sebaliknya, projeni dengan pelepah yang pendek bisa ditanam dengan populasi tinggi (> 150 pokok/ha). Secara umum penggunaan materi induk pisifera Avros akan cenderung menghasilkan projeni dengan pelepah panjang.

Pertambahan tinggi batang dilaksanakan pada saat tanam sawit umur sekitar 10 TST (kurang 2 bulan). Pada saat dilakukan pengukuran tinggi batang maka rata-rata tinggi batang dari 50 projeni berkisar 408-555 cm. Jadi menurut rumus pengukuran pertambahan tinggi batang maka 50 projeni mempunyai kisaran 50,5-70,1 cm per tahun. Persilangan D209.41 x E15.56 mempunyai pertambahan tinggi batang relatif pendek namun projeni ini mempunyai pelepah yang cukup panjang, yaitu 805 cm. Sebaliknya persilangan antara H219.66 x E17.52 mempunyai pertambahan tinggi batang cukup tinggi, yaitu 70,1 cm per tahun. Berdasarkan kriteria seleksi untuk karakter pertambahan tinggi batang per tahun varietas tanaman sawit, maka 60-70 cm termasuk tinggi.

Berdasarkan data vegetatif projeni Tabel 3.4 maka untuk nilai estimasi daya gabung umum (GCA) untuk induk dura dapat dilihat pada Tabel 3.5. Di sini terlihat bahwa rata-rata kisaran luas daun dan rasio luas daun induk dura berturut-turut 10,06-12,61 m². Dengan demikian dura D209.15 mempunyai luas daun relatif tinggi, yaitu 12,61 m² namun mempunyai pelepah panjang, yaitu 848 cm. Selanjutnya, induk dura D107.50 menunjukkan luas daun dan rasio luas daun yang cukup bagus berturut-turut 12,40 m² dan 2,68 serta dengan pertambahan tinggi batang yang tinggi, yaitu 59,6 cm per tahun. Produksi jumlah pelepah per tahun untuk induk dura D107.50 dan D209.15 cukup tinggi berturut-turut adalah 26,1 dan 26,5 buah.

Nilai estimasi daya gabung umum (GCA) untuk induk pisifera tertera pada Tabel 3.6. Nilai estimasi GCA induk pisifera ini bermanfaat untuk menyeleksi induk pisifera dengan kriteria yang terbaik. Berdasarkan nilai estimasi GCA ini maka induk pisifera E17.23 bisa dipertimbangkan sebagai pisifera unggul dan menjadi sumber tepung sari (*pollen*). Seleksi pisifera E17.23 berdasarkan nilai GCA tertinggi pada luas daun (12,86 m²), rasio luas daun (2,89), pertambahan jumlah pelepah yang cukup tinggi (27,1). Namun kelemahan induk pisifera E17,23 adalah pertambahan tinggi batang yang tinggi, yaitu 59,9 cm per tahun.

Tabel 3.5. Data penduga nilai daya gabung umum (GCA) induk dura untuk variabel vegetatif pada saat umur tanaman 10 tahun setelah tanam

No	Dura	Jumlah silangan pisifera	Pengukuran pelepah thn ke 9						Produksi pelepah		Tinggi Batang		Radius Canopy thn ke 9	Crown Disease thn ke 2-5	
			LA	LAR	RL	PL	FL	Tahun-9	Rata rata	Tinggi	Pertambahan	Total		%	
			m ²	m ² /kg	cm	cm	cm	buah/thn	cm	cm	cm	cm	cm	%	
1	D 107.50	2	12.40	2.68	615	168	789	26.1	23.0	472	59.6	599	27.1	1.8	
2	D 209.27	1	12.02	2.37	667	177	842	26.4	23.6	431	54.4	646	10.7	0.0	
3	D 107.44	3	11.68	2.64	628	170	798	26.2	22.8	461	58.2	643	24.6	0.0	
4	D 172.12	2	11.44	2.58	650	174	821	26.3	23.2	483	61.0	663	64.0	0.0	
5	D 107.19	3	10.83	2.55	615	163	779	25.7	22.4	431	54.4	663	20.2	1.2	
6	H 219.66	3	10.64	2.38	645	174	813	27.1	23.9	524	66.2	656	11.1	0.0	
7	D 209.15	3	12.61	2.51	669	175	848	26.5	23.7	476	60.1	629	15.8	2.4	
8	D 107.3	3	11.00	2.67	600	168	769	26.8	23.7	455	57.5	669	16.3	0.0	
9	H 219.6	3	11.17	2.50	645	170	817	26.2	23.0	468	59.1	652	19.4	1.0	
10	H 222.31	2	11.59	2.56	622	178	799	26.7	23.0	484	61.1	657	24.7	1.6	
11	D 209.41	3	12.10	2.62	648	170	818	27.0	23.7	444	56.1	632	25.2	1.1	
12	D 107.49	1	10.90	2.43	643	174	819	27.4	24.4	501	63.3	665	25.4	0.0	
13	H 222.44	1	12.31	2.40	677	178	856	26.0	22.7	471	59.4	684	25.0	0.0	
14	C 60.7	3	11.01	2.43	629	174	802	27.9	24.2	499	63.1	660	32.3	0.0	
15	H 219.43	3	11.18	2.53	652	177	830	27.0	23.5	475	60.0	677	10.3	0.0	
16	H 222.54	2	12.04	2.51	662	198	860	27.3	23.8	506	63.9	674	12.3	1.8	
17	H 219.12	3	11.18	2.80	639	171	809	26.8	23.3	477	60.3	653	20.8	0.0	
18	H 219.1	3	10.94	2.37	645	173	818	26.4	22.9	474	59.8	653	12.4	0.0	
19	D 116.42	3	10.06	2.75	601	172	772	27.4	23.9	448	56.6	640	24.4	0.0	
20	C 75.46	3	11.03	2.43	617	179	797	27.9	24.6	452	57.1	682	35.4	1.1	
Rata rata		50	11.41	2.53	638	174	813	26.7	23.5	472	59.6	655	22.4	0.6	
Minimum			10.06	2.37	600	163	769	25.7	22.4	431	54.4	599	10.3	0.0	
Maksimum			12.61	2.80	677	198	860	27.9	24.6	524	66.2	684	64.0	2.4	

Tabel 3.6. Data penduga nilai daya gabung umum (GCA) induk pisifera untuk variabel vegetatif pada saat umur tanaman 10 tahun setelah tanam

No	Pisifera	Jumlah silangan dura	Pengukuran pelepah thn ke 9						Produksi pelepah		Tinggi Batang		Radius Canopy thm ke 9	Crown Disease thm ke 2-5	
			LA m ²	LAR m ² /kg	RL	PL	FL	Tahun-9	Rata rata	Tinggi	Pertambahan	Total		Thm ke 5	
			cm						buah/thn		cm		%		
1	E 16.94	7	11.13	2.38	650	179	827	23.5	26.8	469	59.3	655	17.3	1.4	
2	E 15.56	10	11.30	2.46	619	179	798	23.6	26.9	431	54.5	663	17.4	0.3	
3	E 17.52	9	11.36	2.48	648	173	823	22.7	26.0	515	65.1	658	15.5	0.8	
4	E 17.53	10	11.50	2.64	636	171	807	22.7	26.0	445	56.2	651	23.3	0.4	
5	E 17.23	6	12.86	2.89	666	186	851	24.7	27.6	495	62.5	635	31.1	0.6	
6	G 21.61	8	10.30	2.37	611	157	771	23.5	27.1	474	59.9	666	33.3	0.4	
Rata rata		50	11.41	2.53	638	174	813	23.5	26.7	472	59.6	655	22.4	0.6	
Minimum			10.30	2.37	611	157	771	22.7	26.0	431	54.5	635	15.5	0.3	
Maksimum			12.86	2.89	666	186	851	24.7	27.6	515	65.1	666	33.3	1.4	



Gambar 3.8. *Tandan buah yang masak menurut standar kriteria panen*



Gambar 3.9. *Penimbangan tandan buah dan berondolan*

Selanjutnya, variabel generatif yang diamati adalah jumlah tandan (*bunch number*), tandan buah segar (*fruit fresh bunch*), bobot tandan (*bunch weight*). Panen tandan buah harus sesuai dengan standar kriteria masak panen, yaitu rasio 1:2 yang berarti bahwa setiap tandan yang berbobot 1 kg

ada buah berondol sebanyak 2 biji (Gambar 3.8). Penimbangan tandan buah dilakukan bersama dengan buah berondolan (Gambar 3.9).



Gambar 3.10. Skema proses analisis tandan : 1) pengacakan sampel, 2) penimbangan sampel ± 5 kg, 3) penimbangan tangkai tandan (stalk), 4) penimbangan buah, 5) pengacakan buah di bok sampel, 6) pemisahan dan penimbangan buah fertil dan partenokarpi, 7) pengirisan dan penimbangan mesokarp serta biji (inti dan kernel), 8) ekstraksi minyak dari gilingan mesokarp kering dengan soxhlet, 9) penimbangan mesokarp dalam kantong (± 5 g) setelah ditiriskan dan dikeringkan dari hexane

Langkah-langkah analisis tandan untuk menghitung bobot buah, bobot inti (kernel), mesokarp dan kandungan minyak sesuai dengan Gambar 3.10 adalah:

1. Pemisahan spikilet dari tangkai tandan (*stalk*) dan pengacakan (*random*) dilakukan setelah penimbangan tandan buah segar. Persyaratan TBS yang dipanen adalah setiap kg bobot TBS ada 2 biji buah berondol yang jatuh di tanah.

2. Buah sampel yang masih melekat di spekilet ditimbang sekitar 5 kg. Spekilet dengan buah diperam selama 5-7 hari agar buah mudah dilepas dari spekilet.
3. Tangkai tandan ditimbang untuk menghitung bobot stalk dan bobot buah yang melekat dengan spekilet.
4. Setelah pemeraman maka dilakukan pemisahan buah fertil dan partenokarpi lalu masing-masing ditimbang. .
5. Buah fertil dimasukkan ke dalam kotak random untuk diambil sampel yang berasal dari mangkok sebelah tengah (ada 2 mangkok).
6. Buah fertil dipilih jika ada yang cacat atau kurang bagus maka diganti dengan ukuran yang sama. Jumlah buah fertil yang terpilih sekitar 35-50 buah atau 200-400 g.
7. Buah fertil diiris tipis lalu dipisahkan irisan mesokarp (untuk) dan biji, biji tsb kemudian dimasukkan oven agar kernel mudah dipisahkan dari cangkang. Penimbangan mesokarp basah dan kernel dilakukan untuk menghitung rasio antara minyak dan mesokarp (O/WM) serta antara minyak dan tandan (O/B), rasio antara kernel dan tandan (K/B), bobot buah (FW), dan bobot kernel (KW).
8. Irisan tipis mesokarp dimasukan ke oven 105°C selama 3 hari lalu diblender untuk dimasukkan ke dalam kantong sekitar 4-5 g. Sampel mesokarp kering yang sudah dalam kantong dimasukkan ke dalam Soxhlet hingga 18-20 jam.
9. Sampel mesokarp yang sudah larut minyaknya, ditiriskan lalu dimasukkan ke oven selama 1 hari yang kemudian ditimbang. Selisih bobot basah dan bobot kering mesokarp merupakan minyak untuk menghitung rasio antara minyak dan mesokarp kering (O/M).

Produksi minyak sawit kasar (CPO=*crude palm oil*) dan total produk bernilai ekonomi (TEP= *total economic product*) dihitung berdasarkan:

$$\text{CPO} = \frac{(\text{Jumlah Tandan} \times \text{Bobot Tandan} \times \text{Populasi per ha} \times \text{O/B} \times 0,855)}{1000}$$

$$\text{TEP} = \text{CPO} + (\text{O/B} \times 0,5 \times ,855)$$

Perkalian 0,855 ini dimaksudkan untuk mengantisipasi kehilangan sebesar 0,145 (14,5%) selama proses di Pabrik (*Mill*). TEP merupakan total produksi yang dihasilkan dari buah sawit termasuk *cake*, padatan hasil dari sentrifusi minyak CPO.

Tabel 3.7 Data produksi komponen hasil dan analisis tandan saat umur tanaman 10 tahun setelah tanam

No	Dura	Pisifera	Tahun Panen ke 8			Rata-rata 8 Tahun			Analisis Tandan							Rataan 8 tahun	
			04/12 - 03/13			04/05 - 03/13			09/06 - 09/12							CPO	TEP
			Bn	FFB	Bw	Bn	FFB	Bw	Na	M/F %	O/M %	O/B %	K/B %	Fw g	Kw g		
kg/pohon/thn			kg/pohon/thn										ton/ha/thn				
1	H 219.66	E 15.56	11.2	231	20.7	18.1	207	11.4	39	87.8	60.4	35.4	2.8	10.1	0.42	8.5	9.0
2	D 107.44	E 15.56	12.0	275	23.0	15.8	206	13.0	39	86.2	60.2	34.8	3.8	9.0	0.51	8.3	9.0
3	D 107.19	E 17.52	11.8	244	20.7	18.4	226	12.3	28	80.1	59.0	31.3	5.5	8.1	0.67	8.2	9.3
4	D 209.27	E 17.52	11.8	260	22.1	18.4	235	12.7	26	81.7	57.9	29.9	4.9	6.9	0.54	8.2	9.1
5	D 107.50	G 21.61	11.3	262	23.2	14.9	211	14.2	31	83.0	58.3	32.8	4.3	11.1	0.70	8.1	8.8
6	D 209.15	E 16.94	10.7	212	19.9	16.2	206	12.7	28	86.3	60.0	33.5	3.5	8.6	0.46	8.0	8.6
7	D 107.50	E 17.23	9.9	239	24.1	15.5	210	13.5	27	82.2	59.5	32.8	4.2	11.8	0.74	8.0	8.7
8	D 172.12	E 17.53	10.6	205	19.3	17.9	202	11.2	23	81.9	62.1	34.0	4.4	7.3	0.48	8.0	8.7
9	D 107.3	E 16.94	11.5	241	21.0	16.4	201	12.3	30	86.2	59.1	34.0	3.9	8.1	0.47	7.9	8.6
10	H 219.6	E 17.52	11.7	239	20.4	18.1	220	12.2	38	79.8	59.6	30.9	5.1	7.9	0.62	7.9	8.8
11	H 219.6	E 16.94	10.2	218	21.5	15.4	201	13.1	28	86.2	60.9	33.7	3.3	8.7	0.44	7.9	8.4
12	D 209.41	E 15.56	12.1	258	21.2	18.1	217	12.0	27	85.7	57.4	31.2	3.6	7.8	0.45	7.9	8.5
13	D 209.15	E 17.52	11.3	226	20.0	17.0	221	13.0	32	81.4	57.7	30.4	5.0	8.5	0.65	7.8	8.7
14	D 209.15	E 15.56	11.0	230	20.9	16.5	204	12.4	35	85.7	57.4	32.8	3.9	8.8	0.52	7.8	8.5
15	D 209.41	E 16.94	11.2	235	21.1	17.3	214	12.4	27	85.0	59.0	31.1	3.8	8.0	0.48	7.7	8.4
16	D 107.44	E 17.23	11.6	258	22.3	16.5	208	12.6	27	81.7	59.7	31.9	4.4	10.7	0.72	7.7	8.5
17	D 116.42	E 15.56	10.2	205	20.1	18.6	206	11.1	27	80.9	58.0	32.0	5.0	9.2	0.68	7.7	8.5
18	D 107.44	G 21.61	11.5	249	21.7	15.6	197	12.6	23	82.6	59.5	33.1	4.4	11.2	0.72	7.6	8.3
19	H 219.66	E 17.52	10.6	203	19.2	18.4	210	11.4	17	79.2	58.8	30.8	5.2	9.0	0.70	7.5	8.4
20	D 172.12	G 21.61	11.2	253	22.6	15.7	205	13.1	19	81.3	57.1	31.3	4.8	10.2	0.72	7.5	8.3
21	H 222.31	E 17.52	11.2	226	20.2	17.6	225	12.8	19	78.6	58.5	28.5	4.6	7.9	0.59	7.5	8.3
22	D 107.19	E 17.23	11.3	259	22.9	15.5	198	12.8	33	80.4	59.4	32.3	4.6	10.6	0.72	7.4	8.2
23	H 222.31	E 16.94	13.0	250	19.2	15.7	201	12.8	20	82.7	60.8	31.8	3.3	8.2	0.42	7.4	8.0
24	D 107.19	E 17.53	11.7	218	18.7	17.5	199	11.4	30	80.8	59.3	32.0	4.9	8.2	0.59	7.4	8.2
25	D 107.3	E 17.23	10.6	228	21.6	15.8	203	12.9	24	80.4	57.9	31.2	5.1	9.8	0.75	7.4	8.2
26	H 222.44	E 15.56	11.7	234	20.0	16.6	206	12.4	24	79.5	58.8	30.7	4.8	9.7	0.71	7.4	8.2
27	D 107.3	E 17.53	10.7	219	20.4	16.2	197	12.1	27	83.6	59.1	32.2	4.0	6.8	0.42	7.4	8.0
28	H 219.6	E 15.56	9.5	209	22.0	14.2	187	13.1	19	86.9	59.1	33.8	3.2	8.6	0.42	7.3	7.8
29	D 107.49	E 17.53	12.1	250	20.7	16.7	195	11.6	17	81.2	60.0	32.3	4.5	8.8	0.60	7.3	8.0
30	H 222.54	E 15.56	12.0	244	20.4	16.9	211	12.5	22	80.2	57.9	29.5	4.1	9.4	0.61	7.2	7.9
31	H 219.43	E 16.94	11.5	234	20.3	15.0	192	12.8	28	83.9	60.7	32.3	3.9	8.6	0.52	7.2	7.8
32	H 219.12	E 17.53	10.9	225	20.7	16.8	203	12.1	20	79.6	59.2	30.6	4.7	8.5	0.61	7.2	8.0
33	H 219.1	E 17.53	11.8	242	20.5	17.1	207	12.1	27	79.5	57.6	29.4	4.8	9.2	0.69	7.1	7.9
34	H 219.43	E 15.56	10.2	212	20.8	15.5	191	12.3	20	81.6	59.3	31.9	4.7	9.7	0.67	7.1	7.8
35	H 222.54	E 17.53	11.0	251	23.0	16.0	213	13.3	31	76.7	59.0	28.4	5.0	10.9	0.86	7.0	7.9
36	C 60.7	E 17.23	9.9	209	21.1	16.6	206	12.4	26	75.2	58.7	28.9	5.3	8.8	0.79	6.9	7.8
37	H 219.66	G 21.61	10.0	217	21.7	15.1	191	12.7	14	80.3	56.9	31.0	4.8	10.1	0.71	6.9	7.6
38	H 219.12	G 21.61	10.5	246	23.4	13.2	192	14.6	17	80.7	57.1	30.6	5.0	9.6	0.71	6.8	7.6
39	C 60.7	E 17.53	11.6	234	20.3	17.6	202	11.5	19	77.0	59.5	28.9	4.7	8.3	0.62	6.8	7.6
40	H 219.1	G 21.61	10.0	224	22.5	14.5	196	13.6	27	82.0	57.4	29.7	4.5	12.0	0.86	6.8	7.5
41	D 116.42	E 17.53	11.8	234	19.7	18.1	201	11.1	26	74.0	59.0	29.0	6.7	8.4	0.85	6.8	7.8
42	D 116.42	E 17.52	11.5	226	19.7	18.5	212	11.5	29	72.9	57.6	27.2	7.2	8.8	0.97	6.7	8.0
43	D 209.41	G 21.61	11.7	263	22.6	16.4	216	13.2	23	79.8	52.6	26.8	4.7	10.2	0.75	6.7	7.6
44	H 219.43	E 17.53	11.7	223	19.1	15.6	181	11.6	11	78.0	61.0	31.9	5.3	7.7	0.61	6.7	7.5
45	H 219.12	E 15.56	10.1	213	21.0	13.5	180	13.3	28	82.3	58.8	31.6	4.2	9.4	0.61	6.6	7.2
46	C 60.7	G 21.61	12.5	249	19.9	15.5	194	12.5	19	76.9	54.3	27.5	6.0	9.9	0.91	6.2	7.2
47	H 219.1	E 17.52	8.3	170	20.6	14.0	189	13.5	17	78.6	57.4	28.0	5.3	8.6	0.73	6.2	7.0
48	C 75.46	E 17.52	10.0	228	22.8	14.5	190	13.1	17	69.9	57.5	24.9	6.7	7.8	0.83	5.5	6.5
49	C 75.46	E 16.94	9.0	200	22.3	11.5	150	13.1	18	79.4	58.7	30.1	4.8	8.4	0.62	5.2	5.8
50	C 75.46	E 17.23	7.3	171	23.3	11.9	157	13.2	17	69.6	56.8	25.7	6.1	10.2	0.97	4.7	5.5
Rataan (10 progenim terbaik)			11.2	241	21.4	17.0	212	12.6	309	83.5	59.6	32.9	4.2	8.9	0.56	8.1	8.9
Rataan (50 progeni)			11.0	231	21.1	16.2	202	12.5	1240	80.7	58.6	30.9	4.7	9.1	0.65	7.3	8.0
Minimum (50 progeni)			7.3	170	18.7	11.5	150	11.1	11	69.6	52.6	24.9	2.8	6.8	0.42	4.7	5.5
Maksimum (50 progeni)			13.0	275	24.1	18.6	235	14.6	39	87.8	62.1	35.4	7.2	12.0	0.97	8.5	9.3

Buah, komponen hasil dan komponen variabel minyak tertera pada Tabel 3.7 Di sini seleksi difokuskan pada projeni yang mempunyai kandungan minyak CPO tinggi kemudian data pendukung lainnya adalah jumlah tandan yang dipanen, bobot TBS, rasio O/M, rasio O/B, bobot kernel. Data pendukung untuk variabel pertumbuhan vegetatif juga perlu dipertimbangkan seperti jumlah pelepah, pertambahan tinggi batang, panjang pelepah.

Produksi utama kelapa sawit adalah minyak, oleh karena itu seleksi difokuskan untuk mengidentifikasi induk dura dan pisifera yang mampu menghasilkan projeni dengan kandungan minyak tinggi. Kandungan minyak (OER=*oil extraction rate*) bergantung pada beberapa komponen seperti jumlah tandan, bobot tandan, ketebalan mesokarp, dan rasio kandungan minyak dan tandan (O/B= *oil to bunch*).

Pada metode RRS yang dimodifikasi maka dari 50 projeni yang dicobakan telah diseleksi sebanyak 10 projeni terbaik yang berdasarkan kandungan CPO. Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa 10 projeni terbaik menunjukkan kemampuan menghasilkan CPO dengan kisaran 7,9-8,5 ton/ha/th atau 8,8-9,0 ton TEP/ha/thn. Dengan demikian ada 10 projeni terbaik yang menunjukkan hasil minyak > 7,9 ton CPO /ha/thn dengan produksi > 8,5 ton TPE/ha/thn. Padahal rata-rata produksi minyak dari 10 projeni terbaik adalah 8,1 ton CPO/ha/thn. Produksi CPO berhubungan erat dengan berapa komponen seperti jumlah tandan, bobot tandan, dan rasio O/B. Jumlah tandan yang dipanen dan bobot tandan yang ditimbang merupakan produksi TBS. Dari 50 projeni yang dicobakan, persilangan D107.44 x E15.56 memberikan produksi TBS yang relatif tinggi, yaitu 275 kg/pokok/thn. Projeni ini mempunyai jumlah tandan yang relatif stabil dan bobot tandan yang tinggi berturut-turut 12 buah dan 23 kg dengan O/B sekitar 34,8% sehingga projeni ini bisa menghasilkan CPO sekitar 8,3 ton/ha/thn. Berbeda dengan projeni hasil persilangan H219.66 x E15.56 yang menghasilkan CPO lebih tinggi yaitu 8,5 ton/ha/thn walaupun produksi TBS dari persilangan H219.66 x E15.56 relatif lebih rendah dibandingkan dengan yang dari D107.44 x E15.56. Dari sini terlihat bahwa H219.66 x E15.56 mempunyai mesokarp tebal (O/M=60,4%) dengan ukuran kernel kecil, yaitu 0,42 g.

Dengan menggunakan induk pisifera yang sama, projeni hasil persilangan H219.12 x E15.56 hanya menghasilkan CPO sekitar 6,6 ton/ha/th. Faktor utama yang mempengaruhi rendahnya produksi CPO walau menggunakan pisifera sama E15.56 adalah rendahnya jumlah tandan, yaitu rata-rata 10,1 buah dan bobot tandan (21 kg) pada panen tahun ke 8. Selain itu, O/M pada projeni ini tergolong rendah yaitu rata-rata 58,8%. Dengan demikian kriteria yang digunakan untuk seleksi projeni dengan produksi CPO tinggi adalah O/B > 30%, O/M > 60%, jumlah tandan per tahun >12 buah, dan bobot tandan > 20 kg. Jika ada projeni yang mempunyai jumlah tandan=12, bobot tandan= 20 kg, dan O/B= 30% dengan asumsi populasi 136 pokok per ha maka produksi CPO adalah:

$$\text{CPO} = [12 \times 20 \times 136 \times 0,30] \times 0,855 = 8,37 \text{ ton/ha/th}$$

Berdasarkan estimasi nilai GCA induk dura, ada tiga induk dura yang menghasilkan CPO \geq 8,0 ton/ha/th, yaitu D107.50, D209.27, dan D107.44 yang masing-masing dengan potensi 8,4 ; 8,2 ; dan 8,0 ton CPO /ha/th (Tabel 3.8). Ternyata induk dura H219.12 mampu menyumbangkan produksi CPO sekitar rata-rata 6,9 ton/ha/th. Dengan demikian induk dura H219.12 bisa dipertimbangkan untuk tidak digunakan sebagai induk dura dalam produksi benih kecambah. Jika induk dura yang menyumbangkan CPO rendah namun mempunyai karakter sekunder yang menarik, seperti tangkai tandan (*stalk*) panjang, pelepah pendek, pertambahan tinggi batang lambat maka bisa dilakukan introgres dengan induk dura yang berpotensi CPO tinggi, tandan banyak, bobot tandan tinggi dan mesokap tebal.

Berdasarkan estimasi nilai GCA induk pisifera (Tabel 3.9), ada 3 induk pisifera yang bisa menyumbang produksi CPO \geq , yaitu E16.94, E15.56, dan E17.52 yang masing-masing dengan rata-rata 7,7 ; 7,6 ; 7,4 ton/ha/th. Ketiga induk pisifera tsb bisa dijadikan induk pisifera unggul dan dipertimbangkan untuk digunakan sebagai sumber tepung sari (Pollen).

Tabel 3.8 Data penduga nilai daya gabung umum (GCA) induk dura untuk variabel generatif pada saat umur tanaman 10 tahun setelah tanam

No	Dura	Jumlah Persilangan dengan Pisifera	Hasil Tahun ke 8 04/12 - 03/13			Rataan 8-tahun 04/05 - 03/13			BI	HI	Analisis Tandan 09/06 - 09/12								Rataan 8 tahun	
			Bn	FFB	Bw	Bn	FFB	Bw			Na	MF	OIM	OIB	KIB	Fw	Kw	CPO	TEP	
			kg/pohon/thn	kg/pohon/thn	kg/pohon/thn	kg/pohon/thn	kg/pohon/thn			%	%	%	%	g	g	ton/ha/thn	ton/ha/thn			
1	D 107.50	2	11.4	255	22.6	16.1	214	13.4	0.529	0.355	58	83.8	60.0	33.7	4.1	9.8	0.59	8.4	9.1	
2	D 209.27	1	11.8	264	22.5	17.5	224	12.8	0.511	0.324	26	83.6	58.3	31.5	4.1	8.0	0.49	8.2	8.9	
3	D 107.44	3	11.9	260	21.8	16.5	207	12.5	0.520	0.346	89	83.0	60.7	33.2	4.3	9.4	0.60	8.0	8.7	
4	D 172.12	2	10.7	224	20.9	16.8	204	12.3	0.520	0.347	42	82.3	60.4	33.2	4.5	8.4	0.56	7.9	8.6	
5	D 107.19	3	11.4	235	20.7	16.5	202	12.3	0.533	0.356	91	83.2	59.1	33.2	4.4	9.1	0.59	7.8	8.6	
6	H 219.66	3	10.7	221	20.6	17.5	204	11.7	0.508	0.332	70	82.4	59.4	32.5	4.1	9.8	0.60	7.7	8.4	
7	D 209.15	3	11.0	226	20.7	16.5	210	12.7	0.493	0.312	95	83.2	57.4	31.4	4.3	9.3	0.62	7.7	8.4	
8	D 107.3	3	10.8	228	21.2	16.2	202	12.5	0.532	0.346	81	83.1	58.4	32.2	4.4	8.5	0.57	7.6	8.3	
9	H 219.6	3	10.2	223	22.0	15.3	197	12.9	0.506	0.327	85	83.2	59.7	32.3	4.1	9.0	0.57	7.4	8.1	
10	H 222.31	2	12.0	237	19.8	16.4	210	12.8	0.517	0.312	39	80.5	58.3	30.1	3.8	8.7	0.52	7.3	8.0	
11	D 209.41	3	11.5	248	21.5	17.5	216	12.3	0.521	0.307	77	81.5	56.4	29.0	4.5	8.3	0.60	7.3	8.1	
12	D 107.49	1	11.6	251	21.7	16.0	197	12.4	0.508	0.324	17	82.0	58.6	31.6	4.5	9.8	0.68	7.2	7.9	
13	H 222.44	1	11.4	234	20.6	16.3	206	12.6	0.492	0.296	24	76.7	59.3	29.3	5.6	10.1	0.85	7.0	7.9	
14	C 60.7	3	11.4	227	19.8	17.0	204	12.0	0.508	0.305	64	78.0	58.1	29.3	5.0	8.8	0.70	7.0	7.8	
15	H 219.43	3	11.1	228	20.7	15.5	194	12.5	0.504	0.315	59	79.2	59.5	30.6	5.1	9.4	0.72	6.9	7.7	
16	H 222.54	2	11.1	250	22.6	15.7	211	13.4	0.501	0.289	53	77.2	58.4	28.2	5.0	10.7	0.83	6.9	7.8	
17	H 219.12	3	10.2	224	21.9	14.6	193	13.4	0.528	0.330	65	80.1	59.2	30.8	4.8	9.2	0.67	6.9	7.6	
18	H 219.1	3	9.9	210	21.3	15.0	196	13.2	0.499	0.303	71	81.5	58.0	30.0	4.4	10.1	0.71	6.8	7.6	
19	D 116.42	3	10.9	220	20.2	17.3	198	11.6	0.548	0.339	82	76.1	58.1	29.7	6.3	9.4	0.87	6.8	7.9	
20	C 75.46	3	8.8	202	22.9	12.6	164	13.0	0.455	0.253	52	73.2	56.9	26.6	5.8	8.9	0.80	5.0	5.8	
Rataan		50	11.0	233	21.3	16.1	203	12.6	0.512	0.321	1240	80.7	58.7	30.9	4.7	9.2	0.66	7.3	8.1	
Minimum		8.8	202	19.8	12.6	16.4	164	11.6	0.455	0.253	17	73.2	56.4	26.6	3.8	8.0	0.49	5.0	5.8	
Maksimum		12.0	264	22.9	17.5	224	13.4	0.548	0.356	95	83.8	60.7	33.7	6.3	10.7	0.87	8.4	9.1		

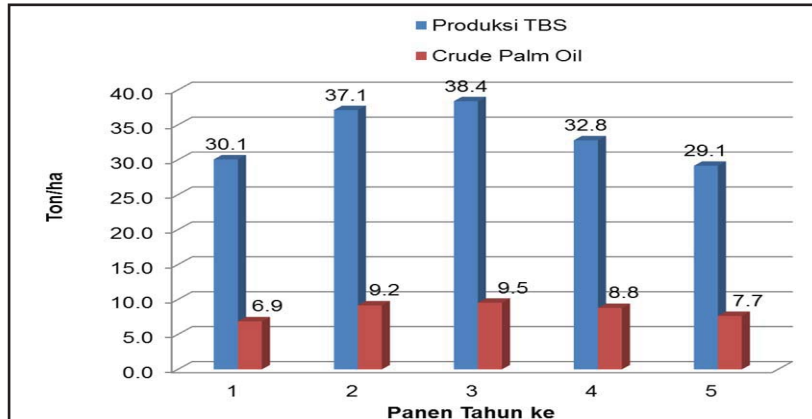
Tabel 3.9 Data penduga nilai daya gabung umum (GCA) induk pisifera untuk variabel generatif pada saat umur tanaman 10 tahun setelah tanam

No	Pisifera	Jumlah Persilangan dengan dura	Hasil tahun ke 8		Rataan tahun ke 8			BI	HI	Analisis Tandan						Rataan			
			04/12 - 03/13		04/05 - 03/13					09/06 - 09/12						8 tahun			
			Bn	Bw	Bn	FFB	Bw			Na	M/F	O/M	O/B	K/B	Fw	Kw	CPO	TEP	
kg/pohon/thn		kg/pohon/thn			%						g		ton/ha/thn						
1	E16.94	7	11.2	235	21.0	15.9	200	12.6	0.501	0.330	179	84.3	60.7	33.0	3.8	8.8	0.52	7.7	8.3
2	E15.56	10	10.9	230	21.1	16.3	201	12.4	0.514	0.336	280	84.3	58.7	32.7	3.8	9.0	0.52	7.6	8.3
3	E17.52	9	11.2	232	20.6	17.4	217	12.6	0.526	0.318	223	78.0	58.5	29.2	5.5	8.3	0.71	7.4	8.4
4	E17.53	10	11.6	235	20.3	17.1	203	11.9	0.523	0.328	231	79.6	59.3	30.9	4.7	8.2	0.59	7.3	8.1
5	E17.23	6	10.0	224	22.5	15.2	197	13.0	0.498	0.306	154	78.0	58.7	30.1	5.0	10.4	0.80	6.9	7.7
6	G21.61	8	11.1	245	22.2	14.9	198	13.3	0.508	0.309	173	79.8	56.3	29.7	5.0	10.6	0.80	6.8	7.6
Rataan		50	11.0	233	21.3	16.1	203	12.6	0.512	0.321	1240	80.7	58.7	30.9	4.7	9.2	0.66	7.3	8.1
Minimum			10.0	224	20.3	14.9	197	11.9	0.498	0.306	154	78.0	56.3	29.2	3.8	8.2	0.52	6.8	7.6
Maksimum			11.6	245	22.5	17.4	217	13.3	0.526	0.336	280	84.3	60.7	33.0	5.5	10.6	0.80	7.7	8.4

Secara umum produksi TBS dan CPO mengalami peningkatan sampai panen tahun ke 3, namun setelah itu terjadi penurunan (Gambar 3.11). Penurunan produksi TBS dan CPO disebabkan oleh beberapa hal seperti kondisi lingkungan (iklim kering), sistem pengelolaan kebun, dan genetik. Kekeringan sering dihubungkan dengan curah hujan yang rendah terutama saat musim kemarau atau memang lokasi penanaman kelapa sawit di daerah yang curah hujannya rendah seperti di Lampung, Palembang maupun di Nusa Tenggara Timur. Pengaruh cekaman akibat kekurangan air ini bisa berpengaruh buruk pada pertumbuhan vegetatif sehingga dapat menurunkan produksi TBS maupun minyak. Saat kekurangan air, pertumbuhan bibit kelapa sawit terhambat akibat penurunan jumlah klorofil (Cha-um dkk., 2013). Selanjutnya, Nodichao dkk. (2011) melaporkan bahwa respon tanaman sawit terhadap kekeringan dipengaruhi oleh sistem perakaran. Setiawan (2002a,b) melaporkan hasil penelitian terhadap kacang tanah pada kondisi cekaman air. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa ada variasi genetik untuk kacang tanah agar bisa tahan terhadap cekaman air, yaitu hormon ABA dan sitokinin yang mengatur stomata dan klorofil degradasi sehingga tanaman kacang tanah mampu tumbuh dan berproduksi ada kondisi cekaman air. Hasil penelitian Setiawan (2002a,b) ini didukung oleh Mendez (2013) yang menyimpulkan bahwa hibrida OxG hasil persilangan interspesifik antara oleifera dan guineensis relatif toleran pada kondisi cekaman air melalui efisiensi penggunaan air dan respirasi daun sehingga laju fotosintesis tetap dipertahankan. Hal ini berarti bahwa perbaikan sifat tanaman sawit yang tahan kekeringan bisa dikendalikan oleh faktor genetik sehingga produksi TBS atau minyak tidak menurun drastis saat kekurangan air.

Faktor lain yang bisa mempengaruhi produksi TBS adalah sistem pengelolaan tanaman sawit di lapang, seperti perawatan gulma dan tanaman penutup tanah, pemupukan, dan penunasan pelepah. Walaupun bahan tanaman berasal dari hibrida DxP unggul dengan potensi hasil tinggi namun sistem pengelolaan tanaman tidak sesuai dengan standar agronomi maka produksi akan rendah. Jika penunasan pelepah terlalu sering sehingga tandan buah hanya didukung oleh satu pelepah maka akan menyebabkan ukuran tandan buah menjadi kecil atau jumlah tandan berkurang. Sebaliknya, jika penunasan sangat jarang dilakukan sehingga banyak pelepah yang masih tertinggal di batang maka ukuran buah akan mengecil atau tandan buah

kecepatan oleh pelepah. Kondisi ini menyebabkan produksi TBS menurun sehingga produksi minyak juga menurun. Faktor sistem pengelolaan tanaman sawit di lapang ini mampu menurunkan produksi sawit hingga 65%.



Gambar 3.11. Produksi TBS dan minyak sawit kasar (CPO) selama 5 tahun panen

Dengan demikian berdasarkan data nilai estimasi GCA baik induk dura maupun pisifera maka dapat disimpulkan bahwa ada 4 induk dura unggul yang mampu menghasilkan CPO tinggi antara 7,9-8,0 ton/ha/th, yaitu D107.44, D107.50, D172.12, dan D209.27. Begitu juga ada dua induk pisifera unggul, E15.56 dan E16.94 yang layak dijadikan sebagai sumber pollen terbaik untuk disilangkan dengan ke empat induk dura tsb karena kedua induk pisifera ini menghasilkan berturut-turut 7,6 dan 7,7 ton CPO/ha/thn.

3.2 PERSILANGAN INTERSPESIFIK ANTARA *ELAEIS OLEIFERA* (EO) DAN *ELAEIS GUINEENSIS* (EG) UNTUK KELAPA SAWIT UNGGUL

3.2.1 Tanaman Pendek, Kompak, dan Minyak Tak jenuh Tinggi

Sifat pewarisan yang menjanjikan adalah pertambahan tinggi batang sawit yang lambat dan pelepah pendek. Kedua sifat pewarisan ini akan sangat menguntungkan pada perkebunan sawit komersial. Ada beberapa hal yang berkaitan erat dengan sifat pewarisan tanaman sawit pendek dan kompak, yaitu panen TBS relatif mudah, sensus jumlah tandan lebih akurat dan cepat, aman serta nyaman bagi pemanen, dan mudah pemeliharaan saat penunasan

(*pruning*). Hingga kini, rata-rata pertambahan tinggi batang sawit yang diusahakan secara komersial adalah berkisar 50-70 cm per tahun. Jika umur produktif tanaman sawit secara normal bisa mencapai 25 tahun maka pada saat puncak produksi sekitar berumur 15 tahun, tinggi tanaman sawit bisa mencapai 7,50 – 8,50 m. Oleh karena itu pemanen akan mengalami kesulitan pada saat tanaman sawit mencapai umur 20 TST karena tinggi batang tanaman sawit mencapai 10-14 m dari permukaan tanah. Sifat pewarisan lain yang berhubungan dengan pertambahan tinggi batang adalah pelepah yang pendek. Tanaman sawit dengan ukuran pelepah pendek merupakan tanaman sawit masa depan yang bermanfaat untuk populasi tinggi atau rapat bisa mencapai 200 pohon/ha.

Sifat pewarisan generatif yang bermanfaat untuk pengembangan sawit di masa mendatang selain pertambahan tinggi batang lambat dan pelepah pendek adalah kandungan minyak tak jenuh tinggi. Kandungan mutu minyak pada tanaman penghasil minyak ditentukan oleh banyaknya asam lemak jenuh atau tak jenuh yang secara umum ada dalam komposisi asam lemak (*Fatty Acid*). Di antara empat tanaman penghasil minyak, kelapa sawit menunjukkan kandungan asam lemak oleat yang tinggi yaitu 48,482% (Dauqan dkk., 2011). Antara minyak sawit dan minyak kelapa, maka minyak sawit mengandung tiga asam lemak yaitu palmitat, oleat, dan linoleat lebih tinggi daripada minyak kelapa yang berturut-turut, 36,77%, 49,48%, dan 11,75% (Tabel 10). Ketiga asam lemak tsb merupakan asam lemak tak jenuh (*unsaturated fatty acid*) yang diindikasikan dengan banyaknya ikatan rangkap (*double bond*). Kandungan ikatan rangkap dapat dievaluasi dengan menunjukkan nilai yodium atau *iodine value* (IV). Secara definisi kimia, nilai yodium merupakan kandungan yodium dalam gram yang dicapai oleh 100 gram minyak. Dengan demikian nilai yodium sering digunakan untuk mengukur jumlah asam lemak tak jenuh yang telah bereaksi dengan senyawa yodium sehingga pada minyak dengan nilai yodium rendah berarti ikatan ganda yang ada dalam minyak tsb rendah. Menurut Yousefi dkk. (2013) nilai IV untuk minyak sawit (53,9) lebih tinggi daripada minyak kelapa (7,31) sehingga minyak sawit banyak mengandung asam lemak jenuh. Mereka juga menginformasikan bahwa minyak sawit mempunyai nilai densitas lebih rendah (0,893) dibandingkan dengan minyak kelapa (0,971).

Tabel 3.10 Komposisi asam lemak dari empat jenis tanaman penghasil minyak

Nama Asam Lemak	Ikatan Rangkap	Palma Merah	Kelapa Sawit	Jagung	Kelapa
		----- % -----			
Caprylat	8:0	0.034	0.061	0.167	6.601
Caprat	10:0	-	-	-	5.071
Laurat	12:0	0,173	0,230	0,042	46,458
Miristat	14:0	0,961	0,49	-	20,572
Palmitat	16:0	42,465	36,768	12,427	9,161
Stearat	18:0	0,395	-	11,442	2,936
Oleat	18:1	44,616	49,482	36,994	7,211
Linoleat	18:2	10,372	11,745	47,189	1,648
Linolenat	18:3	0,257	0,539	1,312	-
Arachidat	20:0	0,356	0,161	0,298	-
Heneicosanoat	21:0	-	-	-	-
Beherat	22:0	0,059	0,061	0,151	
Tricosanoat	23:0	0,022	0,031	-	-
Lignocerat	24:0	0,067	0,066	-	-

Sumber: Dauqan dkk. (2011)

Salah satu jenis sawit *Elaeis* yang mengandung komposisi lemak tak jenuh tinggi dan pertambahan tinggi batang lambat adalah oleifera. Tanaman sawit elaeis merupakan tanaman monokotil diploidi yang menyerbuk silang dengan jumlah kromosom $2n = 2x = 32$ dan mengandung 1,8 milyar pasangan basa (Ngoot-Chin dkk., 2014). Secara botani genus elaeis terdiri dari dua spesies yaitu *Elaeis guineensis* dari Afrika and *Elaeis oleifera* dari Amerika Selatan. Kedua spesies elaeis ini bisa dilakukan persilangan yang umumnya dinamakan interspesifik hibrida. Ngoot-Chin dkk. (2014) juga menyatakan bahwa ada sifat-sifat pewarisan yang diinginkan dari *E. oleifera* untuk disisipkan ke *E. guineensis* diantaranya adalah sifat-sifat seperti pertambahan tinggi batang pendek dan kandungan minyak tak jenuh tinggi.

3.2.2 Karakter Eksotik Tanaman *Elaeis oleifera*

Khan dan Mejia (1986) menginformasikan bahwa *E. oleifera* juga ditemukan di daerah Peru yang belum dikembangkan oleh penduduk lokal. Karakter *E. oleifera* terutama komponen buah tertera di Tabel 3.11, yaitu genotipe yang berasal dari persilangan sendiri (*selfing*) dan yang berasal dari persilangan saudara tiri (*sibbing*). Perbandingan tinggi batang antara *E. oleifera* (Gambar

3.12) dan *E. guineensis* (Gambar 3.13) cukup jelas. Tanaman oleifera terlihat masih sangat pendek batangnya walau sudah mencapai umur 7 TST, sebaliknya tinggi batang tanaman guineensis pada umur 7 TST sudah mencapai sekitar > 3 m.

Tabel 3.11 Komposisi lemak jenuh dan tak jenuh dari hibrida OxG (PDR= Palma Del Rio)

Materi Persilangan	Lemak		Lemak Tak Jenuh		Omega 3 Y 6
	Jenuh	Tak Jenuh	Tunggal	Jamak	
	----- % -----				
OxG - PDR Taisha x Avros	37,81	62,19	44,93	17,25	0,70
OxG - PDR Taisha x La Mé	29,89	70,11	55,17	14,94	0,80
OxG - PDR Taisha x Yangambi	39,04	60,96	44,34	16,62	1,00
OxG - PDR Taisha x Angola	40,60	59,40	43,0	16,40	0,90
OxG - PDR Taisha x Calabar	47,59	52,41	32,80	19,42	0,91

Sumber : Barba dkk. (2014)

Sifat pewarisan pertambahan tinggi batang yang sangat lambat inilah yang menggolongkan tanaman oleifera termasuk tanaman sangat pendek. Selain itu, tanaman oleifera mempunyai petiol (bagian pelepah) yang relatif panjang sehingga tandan buah terekspose oleh matahari. Perkembangan tandan buah akan optimal pada tanaman sawit yang mempunyai petiol panjang. Sifat pewarisan lain adalah tangkai tandan tanaman oleifera relatif lebih panjang dibandingkan dengan tangkai tandan tanaman guineensis sehingga tandan buah mampu berkembang optimum. Selanjutnya susunan anak daun pada tanaman guineensis berselang-seling sehingga terlihat saling menutupi. Oleh karena itu cahaya matahari yang terintersepsi melewati anak daun guineensis akan rendah. Kondisi inilah yang menjadi salah satu penyebab mengapa tanaman guineensis kurang cocok ditanam pada populasi tinggi (> 140 pohon/ha).

Jumlah anak daun tanaman oleifera lebih sedikit dibandingkan dengan anak daun tanaman guineensis. Tanaman oleifera menghasilkan anak daun sekitar 120-180 helai setiap pelepah, sebaliknya tanaman guineensis jumlah anak daun setiap pelepah bisa mencapai lebih dari 240 helai. Sehingga tanaman oleifera yang ditanam pada populasi tinggi sekitar 160-175 pohon/ha tidak akan ada masalah pengaruh naungan.



Gambar 3.12. Penampakan *E. oleifera* saat berumur 7 TST (tanam 2006)



Gambar 3.13. Penampakan *E. guineensis* saat berumur 7 TST (tanam 2006)

Berdasarkan susunan anak daun, antara tanaman oleifera dan guineensis berbeda. Pada tanaman oleifera, susunan anak daun sejajar seperti susunan anak daun pohon kelapa (Gambar 3.14). Selanjutnya, tanaman guineensis, susunan anak daun terlihat berselang-seling (Gambar 3.15). Kondisi lain yang mendukung pertumbuhan tanaman oleifera mampu ditanam pada populasi tinggi adalah susunan anak daun yang sejajar sehingga cahaya matahari akan terintersepsi lebih tinggi daripada yang melalui pelepah daun tanaman guineensis. Oleh karena itu seleksi pelepah pendek pada tanaman guineensis sangat sesuai untuk populasi tanaman per ha tinggi.



Gambar 3.14. Anak daun *E. oleifera* bersusun tunggal



Gambar 3.15. Anak daun *E. guineensis* bersusun selang-seling



Gambar 3.16. Bunga betina *E. oleifera* yang tidak serempak saat reseptif



Gambar 3.17. Bunga *E. guineensis* yang relatif serempak saat reseptif

Perbedaan karakter yang menarik lagi antara oleifera dan guineensis adalah saat reseptif bunga betina. Saat reseptif bunga betina oleifera tidak bersamaan atau tidak seragam dalam satu tandan yang sama (Gambar 3.16). Jadi pada satu tandan yang sama, saat reseptif bunga betina adalah berjenjang. Kondisi ini sangat berbeda dengan bunga betina guineensis yang mengalami saat reseptif bunga betina relatif bersamaan (Gambar 3.17). Berdasarkan karakter reseptif bunga betina ini maka teknik persilangan antara

bunga betina sebagai dura dan serbuk sari sebagai jantan juga berbeda. Per silangan serbuk sari ke bunga betina oleifera bisa dilaksanakan beberapa kali tergantung pada saat reseptif putik pada bunga betina oleifera. Sebaliknya, penyerbukan pada bunga guineensis bisa dilaksanakan satu kali karena putik pada guineensis bisa reseptif dengan waktu yang relatif bersamaan.

Akibat karakter bunga betina yang saat reseptif berbeda dalam satu tandan maka buah yang jadi dalam satu tandan terlihat tidak merata (Gambar 3.18). Pada satu tandan tanaman oleifera, banyak terjadi buah busuk karena tidak terjadi pembuahan. Oleh karena itu perlu ada teknik khusus penyerbukan bunga tanaman oleifera seperti, penyerbukan buatan (*hand pollination*) atau introduksi serangga penyerbuk oleifera. Karakter menarik lainnya adalah siklus bunga betina dan bunga jantan yang jelas pada tanaman oleifera (Gambar 3.19). Setelah tanaman oleifera menghasilkan bunga betina pada periode tertentu maka setelah itu akan diikuti oleh produksi bunga jantan. Kondisi ini kemungkinan jarang ditemukan pada tanaman guineensis. Secara umum, tanaman guineensis akan menghasilkan bunga jantan jika tanaman kekurangan air atau musim kemarau panjang. Selanjutnya, tanaman guineensis akan menghasilkan banyak bunga jantan jika tidak dilakukan perawatan secara teratur dan optimum seperti pemupukan dan pengendalian gulma.



Gambar 3.18. Beberapa buah *E. oleifera* yang busuk dalam satu tandan



Gambar 3.19. Adanya siklus bunga jantan dan bunga betina pada *E. oleifera*



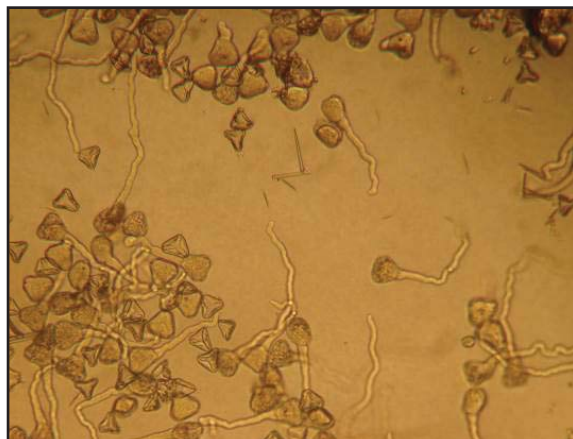
Gambar 3.20. Ketidakteraturan saat antesis bunga jantan *E. oleifera*

Jumlah serbuk sari bunga oleifera saat reseptif sangat sedikit dan tidak terlihat adanya serangga penyerbuk (Gambar 3.20). Sebaliknya, jumlah serbuk sari pada bunga guineensis saat reseptif lebih banyak dan terlihat adanya serangga penyerbuk (Gambar 3.21). Selanjutnya, berdasarkan bau atau aroma serbuk sari pada bunga jantan atau putik pada bunga betina saat reseptif, maka antara tanaman oleifera dan guineensis terjadi perbedaan.

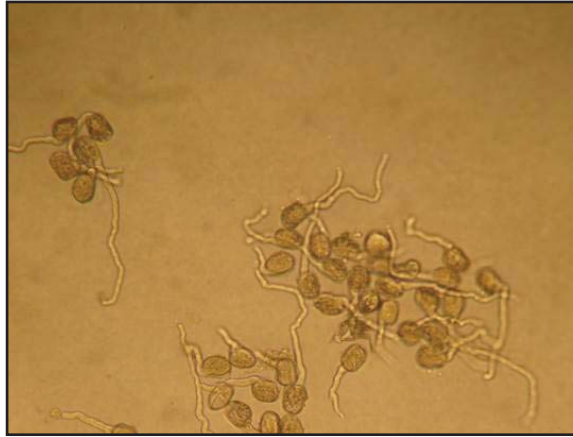
Pada tanaman oleifera, bau atau aroma serbuk sari dan putik saat reseptif tidak seharum tanaman guineensis. Aroma atau bau serbuk sari dan putik pada tanaman guineensis sangat harum saat reseptif terutama putik pada tandan bunga. Harumnya aroma atau bau ini diduga merupakan salah satu penyebab daya tarik serangga penyerbuk pada bunga tanaman guineensis saat reseptif. Kondisi ini tidak terjadi pada bunga tanaman oleifera sehingga menjadi pemicu sistem penyerbukan bunga tanaman oleifera melalui angin atau *hand pollination*.



Gambar 3.21. Bunga jantan *E. guineensis* yang relatif serempak saat antesis

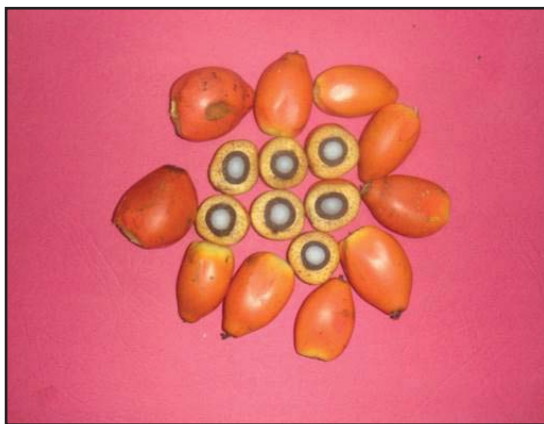


Gambar 3.22. Bentuk tepung sari (pollen) *E. guineensis* mirip segitiga saat perkecambahan



Gambar 3.23. Bentuk tepung sari (pollen) *E. oleifera* agak bulat panjang (oval) saat perkecambahan

Bentuk serbuk (tepung) sari saat perkecambahan juga terlihat berbeda antara oleifera dan guineensis. Serbuk sari dari tanaman guineensis berbentuk mirip “segitiga” saat proses perkecambahan (Gambar 3.22) dan yang dari tanaman oleifera berbentuk mirip “oval” saat proses perkecambahan (Gambar 3.23). Selanjutnya, daya kecambah serbuk sari yang berasal dari oleifera cenderung lebih rendah dibandingkan dengan yang dari guineensis. Kondisi ini bisa menjadi penyebab lain rendahnya penyerbukan pada tanaman oleifera.



Gambar 3.24. Buah *E. oleifera* mempunyai cangkang tebal menyerupai dura



Gambar 3.25. Buah *E. guineensis* ada tiga jenis yaitu *dura*, *tenera*, dan *pisifera*

Berdasarkan tipe buah, tanaman oleifera tidak mempunyai pembagian seperti buah *dura*, *pisifera* ataupun *tenera* karena tanaman oleifera mempunyai cangkang pada kernel *tenera* maupun *dura* dengan ketebalan yang relatif sama (Gambar 3.24). Pada tanaman *guineensis*, ada tiga jenis buah (Gambar 3.25), yaitu buah *dura* (cangkang tebal), buah *tenera* (cangkang agak tebal atau tipis), dan buah *pisifera* (cangkang sangat tipis). Walaupun karakter cangkang buah oleifera tebalnya hampir menyerupai cangkang buah *dura* pada *guineensis*, sifat cangkang kernel oleifera lebih porus (lebih lunak).

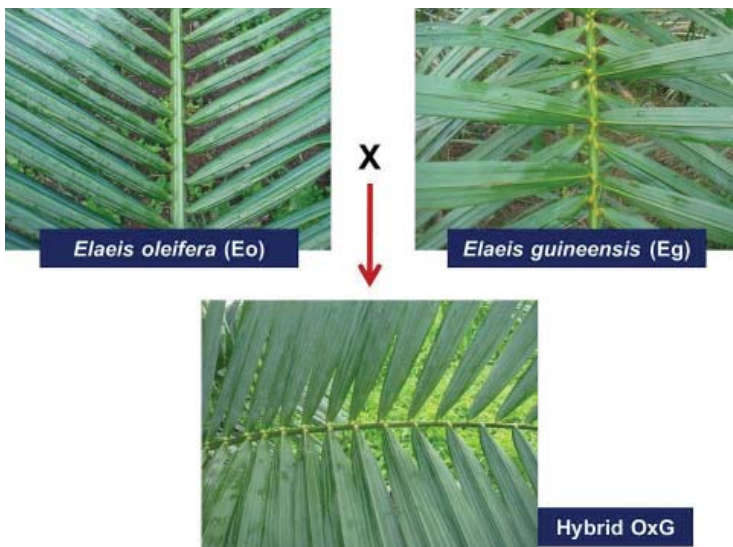
Berdasarkan analisis sitologi (ilmu jaringan tanaman), dilaporkan oleh Madon dkk. (1998) bahwa hampir tidak ada perbedaan bentuk dan jumlah kromosom ($2n = 32$). Namun peneliti lainnya juga menyimpulkan bahwa penggunaan penanda molekuler RFLP dan AFLP menunjukkan bahwa ada perbedaan genetik atau grup antara *E. oleifera* dan *E. guineensis* (Barcelos, 2002). Walaupun ada perbedaan genetik antara oleifera dan *guineensis* namun kedua spesies tersebut dapat disilangkan. Tujuan utama persilangan adalah mendapatkan tanaman sawit yang pendek, kompak, kandungan minyak tak jenuh tinggi dan tahan terhadap penyakit busuk but rot.

3.2.3 Persilangan Interspesifik Hibrid OxG

Penelitian Abidin dkk. (1998) bertujuan untuk menentukan variasi genetik melalui analisis *Random Amplification of Polymorphic DNA* (RAPD) dengan

menggunakan 32 asesi yang terdiri atas 24 asesi *Elaeis oleifera* dan 8 asesi *Elaeis guineensis*. Peneliti lain seperti Zaki dkk. (2010) menggunakan microsatellite markers untuk menganalisis variasi genetik *Elaeis oleifera*. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa ada variasi genetik yang ditemukan pada *Elaeis oleifera* akibat perbedaan geografi sedangkan *Elaeis guineensis* cenderung dalam satu kluster. Hal ini menggambarkan bahwa ada variasi genetik antara *Elaeis oleifera* dan *Elaeis guineensis* namun *Elaeis oleifera* mempunyai variasi genetik lebih luas dibandingkan dengan *Elaeis guineensis*.

Variasi genetik yang tinggi antara *Elaeis guineensis* dan *Elaeis oleifera* mempunyai manfaat yang luas untuk meningkatkan variasi genetik *Elaeis guineensis* yang cenderung semakin sempit. Secara fakta menunjukkan bahwa persilangan antara *Elaeis guineensis* dan *Elaeis oleifera* bisa dilaksanakan karena kedua *Elaeis* ini mempunyai panjang kromosom dan jumlah kromosom yang sama (Madon dkk., 1998). Tanaman hibrida OG cenderung mempunyai ketahanan terhadap serangan penyakit busuk pucuk (*but rot*). Tidak lama lagi, konsorsium tanaman kelapa sawit bersiap-siap melakukan impor OG sehingga perlu ada informasi tentang oleifera.



Gambar 3.26. Penampakan pelepah hasil persilangan interspesifik antara *E oleifera* (betina) dan *E guineensis* (jantan) menghasilkan pelepah mirip dengan *E oleifera* (foto pada umur 3 TST)

Hasil persilangan antara *Elaeis oleifera* (betina) dan *Elaeis guineensis* (se-rbuk sari) menghasilkan projeni yang sangat menjanjikan. Persilangan kedua *Elaeis* ini menghasilkan karakter anak daun yang mirip dengan induk betina (Gambar 3.26). Dengan demikian sifat pewarisan susunan anak daun sejajar bersifat dominan terhadap sifat pewarisan susunan anak daun bersilang. Selanjutnya, sifat pewarisan susunan anak daun sejajar diwariskan melalui induk betina. Namun berdasarkan sifat pewarisan jarak atau kerapatan antar anak daun, ternyata sifat pewarisan jarak antar anak daun yang rapat lebih dominan dan diwariskan melalui induk jantan yaitu *Elaeis guineensis*. Oleh karena itu, jumlah anak daun hasil persilangan kedua induk atau hibrida OG relatif lebih banyak dibandingkan dengan induk betinanya, *Elaeis oleifera*. Sifat pewarisan lain yang menarik adalah ukuran tangkai pelepah atau petiol, hibrida OG menunjukkan ukuran tangkai pelepah yang mirip tetua jantan, yaitu *Elaeis guineensis*. Berdasarkan pelepah maka ada sifat pewarisan yang menurun dari oleifera, yaitu susunan anak daun dan jarak anak daun. Selanjutnya, sifat yang diwariskan dari guineensis adalah titik tempel anak daun pada pelepah, yaitu titik tempel yang saling berdekatan antara anak daun yang posisinya berlawanan.



Gambar 3.27. Penampakan tandan buah OxG yang normal dari awal fase reproduktif

Hasil persilangan interspesifik hibrid antara oleifera dan guineensis menunjukkan variasi terhadap karakter tandan buah. Ada yang dari awal fase generatif setelah pelaksanaan kastrasi (ablasi), tandan buah hibrida OG

menunjukkan sifat normal (Gambar 3.27). Bentuk generatif tandan buah yang lain adalah pada satu tandan yang sama, sebagian buah normal tapi sebagian lagi bersifat androgenous (Gambar 3.28). Sifat buah normal bercampur androgenous ini bisa terjadi terus menerus atau ada saat tertentu saja setelah itu tandan buah akan normal. Karakter tandan buah dari persilangan OG ada yang androgenous berlangsung terus menerus (Gambar 3.29). Selanjutnya, awalnya tandan buah yang muncul adalah bunga jantan, lalu setelah periode tertentu bunga jantan tidak muncul lagi dan diganti dengan bunga betina atau tandan buah yang bersifat normal (Gambar 3.30).



Gambar 3.28. Penampakan tandan buah OxG yang sebagian androgenous



Gambar 3.29. Penampakan tandan buah OxG yang androgenous dari awal fase reproduktif



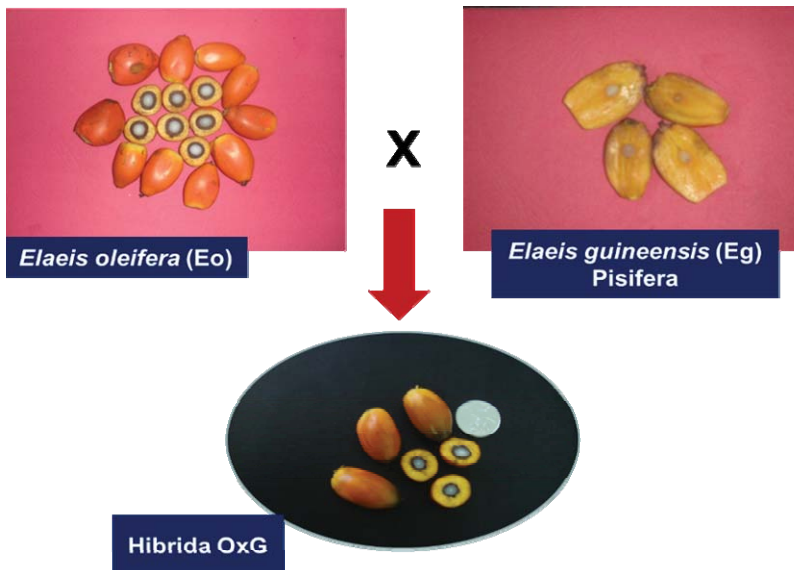
Gambar 3.30. Penampakan tandan buah OxG yang awalnya bunga jantan lalu kembali normal

Pengamatan awal sangat diperlukan untuk persilangan hybrid OG ini, karena jika hasil persilangan F1 menunjukkan produksi minyak tinggi maka boleh dilakukan perbanyakkan melalui kultur jaringan. Jika hibrida F1 OG pada saat awal sudah menunjukkan tandan buah yang tidak normal maka sifat ketidaknormalan ini akan diwariskan ke projeni yang dihasilkan dari perbanyakkan secara kultur jaringan sehingga projeni yang dihasilkan akan bersifat mirip seperti induknya, yaitu tandan buah yang tidak normal. Sebaiknya, pengamatan awal tandan buah hibrida F1 OG dilakukan secara teratur, terjadwal dan disiplin yang pada awalnya menunjukkan tandan buah normal yang diperbanyak secara kultur jaringan.

Berdasarkan pengamatan, persilangan antara oleifera (sebagai betina) dan guineensis pisifera (sebagai jantan) maka menghasilkan projeni tenera dengan karakter tanaman androgenous yang banyak. Dengan demikian, jika guineensis pisifera digunakan sebagai sumber serbuk sari maka projeni yang dihasilkan akan mempunyai karakter tanaman androgenous. Hal ini berarti bahwa projeni hasil persilangan akan menghasilkan bunga jantan yang menyerupai bakal buah. Jika persilangan antara oleifera (sebagai betina) dan guineensis dura (sebagai sumber serbuk sari) maka akan menghasilkan projeni dura dengan tanaman androgenous yang sedikit atau hampir tidak ada. Selanjutnya, jika persilangan antara oleifera (sebagai betina) dan guineensis tenera (sebagai sumber serbuk sari) maka akan menghasilkan projeni dura, tenera, dan pisifera dengan tanaman androgenous yang tidak sebanyak jika

guineensis pisifera digunakan sebagai suber serbuk sari. Buah tenera hasil persilangan OG dapat dilihat berdasarkan potongan melintang buah yang ditengahnya ada tiga titik.

Tenera yang berasal dari persilangan oleifera (sebagai betina) x guineensis pisifera (sumber *pollen*) mempunyai cangkang kernel yang relatif masih tebal (Gambar 3.31). Kandungan minyak hibrida OG tenera ini awalnya tidak lebih tinggi dibandingkan dengan persilangan DxP. Namun kandungan minyak tak jenuh akan lebih tinggi pada persilangan OG dibandingkan dengan dengan yang DxP. Jika kandungan minyak tak jenuh masih sekitar 65-70 maka perlu dilakukan persilangan balik (*back cross*) antara hibrida OG x oleifera. Projeni hasil persilangan *backcross* BC 1 dievaluasi dan dianalisis secara detail dan seksama agar penampakan awal tandan buah yang abnormal dapat dipantau. Hal ini bertujuan untuk menghindari tanaman baru abnormal hasil perbanyakan kultur jaringan. Salah satu penyebab terjadinya tandan buah abnormal dari projeni hasil perbanyakan kultur jaringan adalah bahan tanaman yang digunakan sebagai sumber induk juga bersifat abnormal.



Gambar 3.31. Penampakan buah hasil persilangan interspesifik antara *E oleifera* (betina) dan *E guineensis* (jantan) menghasilkan buah hibrida OxG (panen pada umur 3 TST)

3.3 BENIH UNGGUL KELAPA SAWIT YANG MINIMUM GEJALA CROWN DISEASE (CD)

3.3.1 Penyakit Fisiologi: *Crown Disease* (CD)

Penyakit fisiologi yang sering menyerang bagian pelepah tanaman sawit muda adalah *Crown Disease* (CD). Penyakit ini disebabkan oleh respon tanaman saat tidak ada keseimbangan hara pada tanaman sehingga terjadi perubahan kandungan hormon di dalam tanaman (*endogenous hormone*) seperti giberelin dan auksin. Gejala serangan penyakit ini pada tanaman muda adalah pelepah bengkok (melengkung), memutar dan bahkan ada yang pelepahnya hampir patah. Gejala serangan CD biasa muncul saat tanaman berumur muda (*juvenile*), yaitu antara 2-5 tahun. Setelah itu gejala penyakit ini berkurang dan pelepah tanaman sawit berkembang normal. Jika rata-rata pertambahan pelepah setiap tahun saat tanaman muda (1-2 TST) adalah 36 buah maka setiap bulan tanaman sawit menghasilkan pelepah 3 buah. Sehingga perhitungan atau sensus CD dilakukan setiap 3 bulan sekali (saat masih umur sekitar 2-3 TST) dengan menghitung 9 pelepah yang masih muda, penghitungan pelepah mulai dari pelepah nomer 1. Cara menghitung tanaman terkena serangan CD dalam satu plot (total ada 16 tanaman) adalah:

% tanaman dengan gejala CD = [“tanaman yang terserang CD”/ “tanaman per plot x 100 %.

Selanjutnya cara menghitung skor keparahan tanaman terkena serangan CD dalam satu plot (total ada 16 tanaman) adalah:

Keparahan CD dapat dihitung berdasarkan rumus:

$$\% \text{ Tingkat Parah CD} = \left[\frac{\sum N_i \times \text{score}}{\text{total tanaman} \times \text{maksimum score}} \right] \times 100\%$$

Skor 0 = jika 9 pelepah yang masih muda tidak ada gejala serangan CD

1 = jika 1-3 pelepah yang ada serangan CD

2 = jika 4-6 pelepah yang ada serangan CD

3 = jika e" 7 pelepah ada serangan CD

Pada tanaman sawit muda yang tidak ada serangan gejala CD maka seluruh pelepah akan terlihat normal dan tumbuh optimum (Gambar 3.31). Mulai dari pelepah bagian bawah hingga bagian atas, yaitu pelepah nomer 1

terlihat tumbuh bagus dan sehat tidak ada pelepah bengkok (*bending*) ataupun melintir (*twisting*).



Gambar 3.32. Tanaman sawit muda yang sehat dan tidak ada gejala serangan CD



Gambar 3.33. Gejala serangan CD pada tanaman dengan skor 1

Tanaman sawit muda yang terkena serangan gejala CD dengan skor 1, maka bisa terlihat bahwa dari 9 pelepah muda, pelepah nomer 1-3 mengalami bengkok dan melintir (Gambar 3.32). Monge dkk. (1994) menyatakan bahwa serangan CD menyebabkan gangguan pembentukan lignin pada tanaman dibagian pelepah sehingga pelepah bersifat lentur. Pada Gambar 3.33 ini masih terlihat bahwa pelepah bagian bawah tetap bengkok dan

melintir. Kondisi pelepah yang sudah tua ini tidak mengalami penyembuhan (*recovery*) dan tidak boleh dipotong. Umumnya, tanaman sawit muda dengan keparahan serangan gejala CD skor 1 segera mengalami penyembuhan antara 6-9 bulan setelah penghitungan sensus CD.



Gambar 3.34. Gejala serangan CD pada tanaman dengan skor 2



Gambar 3.35. Gejala serangan CD pada tanaman dengan skor 3

3.3.2 Proses Penyembuhan Serangan CD

Tingkat keparahan serangan gejala CD dengan skor 2 berarti bahwa dari 9 pelepah tanaman sawit muda, ada 4-6 pelepah yang mengalami bengkok

atau melintir (Gambar 3.34.). Proses penyembuhan tanaman sawit muda dengan tingkat keparahan CD skor 2 ini agak lama dibandingkan dengan yang skor 1. Waktu yang dibutuhkan untuk penyembuhan adalah berkisar 9-12 bulan setelah penghitungan. Namun jika keseimbangan hara tanaman bisa segera tercapai akibat pemeliharaan yang baik atau kondisi iklim yang optimum untuk pertumbuhan tanaman maka proses penyembuhan atau lama *recovery* bisa sama dengan yang skor 1.

Tingkat keparahan gejala CD yang relatif membutuhkan waktu lama untuk *recovery* adalah skor 3, berarti ada 7-9 pelepah yang mengalami bengkok atau melintir (Gambar 3.35). Proses penyembuhan tanaman sawit dari gejala CD dengan tingkat keparahan skor 3 bisa mencapai 24 bulan atau bahkan hingga 36 bulan (sangat parah) setelah penghitungan sensus. Oleh karena itu, pelepah tanaman sawit yang mempunyai gejala CD tingkat keparahan skor 3 tidak direkomendasikan untuk dipangkas. Jika pelepah yang mengalami bengkok atau melintir akibat gejala CD terlihat ada serangan sekunder dari mikroorganisme maka hendaknya dikendalikan dengan bijak, yaitu dilakukan penyemprotan pestisida sesuai dengan konsentrasi atau dosis anjuran. Ada dua jenis jamur (fungi) yang berasosiasi dengan CD yaitu *F. solani* and *F. oxysporum* (Hafizi dkk., 2013) sehingga memerlukan pengendalian dengan fungisida.

Dengan demikian tanaman sawit muda yang terserang CD ini bisa mengalami penyembuhan, yaitu selama antara 1-3 tahun atau saat umur tanaman 5 TST. Hal ini terbukti dengan data yang tercantum pada Tabel 3.12 Total tanaman sawit muda projeni 22 yang terkena serangan CD pada umur 2-5 TST adalah 17,7 % namun pada saat umur 5 TST, projeni ini tidak ada serangan CD. Kemudian pada projeni 46, total serangan CD pada umur 2-5 TST ada 17,6% namun telah mengalami penurunan drastis menjadi 3,3% pada saat tanaman umur 5 TST. Secara umum, rata-rata dari 50 projeni yang terserang CD pada saat umur 2-5 TST adalah 22,4%, serangan ini turun drastis pada saat tanaman umur 5 TST, yaitu 0,6%. Hal ini menjelaskan bahwa serangan CD terjadi pada saat tanaman sawit masih muda, yaitu < 5 tahun dan akan turun drastis karena mengalami penyembuhan. Pernyataan ini didukung oleh penelitian Quaiocoe dkk. (2008) bahwa tanaman sawit muda dengan gejala serangan CD akan mengalami penyembuhan. Walaupun secara estetika gejala serangan CD ini kurang menyenangkan namun serangan

CD pada tanaman sawit muda tidak berpengaruh pada waktu panen dan produksi sawit.

Perhitungan tingkat keparahan gejala serangan CD dilaksanakan pada 27 projeni hasil persilangan antara 27 dura (famili Chemara, Dami, Harison crosfield) dan 5 pisifera (famili Ghana dan Nigeria). Projeni ini ditanam di Sumatra Utara dengan tipe tanah volkanik aluvial, setiap projeni ada tiga ulangan yang masing-masing ulangan ada 16 tanaman per plot. Penanaman dilaksanakan pada September 2006 dan variabel gejala serangan CD diamati pada 31 Oktober 2007.

Contoh perhitungan dengan data Tabel 3.12

1. Projeni 1 berasal dari persilangan D105.20 x G21.70 ada total 4 pokok (dari 3 ulangan) yang terserang CD, yaitu
 - Ulangan 1 ada 1 pokok dengan jumlah skor keparahan 1 (berasal dari 1 pokok skor CD 1),
 - Ulangan 2 tidak ada tanaman dengan gejala serangan CD, dan
 - Ulangan 3 ada 3 pokok dengan skor keparahan 4 (berasal dari 2 pokok skor CD 1 + 1 pokok skor CD 2).

Maka Perhitungan yang berhubungan dengan serangan gejala CD adalah:

- Tanaman yang menunjukkan gejala serangan CD

$$\% \text{ Tanaman gejala CD} = [\text{tanaman yang terserang CD}] / \text{tanaman per plot} \times 100 \%$$

$$= [(4/48)/3] \times 100\% = 2,78\%$$

$$\% \text{ gejala serangan CD pada projeni D105.20 x G21.70} = 2,78\%$$
- Tanaman dengan tingkat keparahan gejala serangan CD

$$\% \text{ Tingkat Parah CD} = [(\text{Ni} \times \text{score}) / \text{total tanaman} \times \text{maksimum score}] \times 100\%$$

$$[\{(1 \times 1) / 48\} \times 100\% + \{(2 \times 1 + 1 \times 2) / 48\} \times 100\%] = 2,08\% + 8,33\% = 10,41\%$$

Total skor keparahan CD untuk projeni 1 = 10,41%

- Tingkat keparahan CD pada projeni D105.20 x G21.70 = $10,41\% / 3 = 3,47\%$

Tabel 3.12 Data perhitungan gejala serangan CD yang terjadi pada 27 projeni dari berbagai sumber induk dura dan pisifera

No.	Projeni	Persilangan	Nomor Pokok	Total pokok terserang	S e t a t u s C D									Total Skor Parah	Mean Skor CD (% Parah)	
					Ulangan I			Ulangan II			Ulangan III					
					Pokok terserang	Skor	% Parah	Pokok terserang	Skor	% Parah	Pokok terserang	Skor	% Parah			
1	1	D105.20 x G21.70	48	4	1	1	2.08	0	0	0	3	4	8.33	10.42	3.47	
2	2	D167.09 x G21.70	48	5	4	4	8.33	1	1	2.08	0	0	0.00	10.42	3.47	
3	3	D193.04 x G21.70	48	5	1	1	2.08	2	2	4.17	2	3	6.25	12.50	4.17	
4	4	D198.14 x G21.70	48	1	0	0	0.00	0	0	0.00	1	2	4.17	4.17	1.39	
5	5	D206.28 x G21.70	48	4	2	2	4.17	1	1	2.08	1	1	2.08	8.33	2.78	
6	6	H222.77 x G21.70	48	0	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	
7	7	C35.13 x G25.62	48	1	1	1	2.08	0	0	0.00	0	0	0.00	2.08	0.69	
8	8	C37.25 x G25.62	48	4	2	2	4.17	2	3	6.25	0	0	0.00	10.42	3.47	
9	9	C39.06 x G25.62	48	3	3	6	12.50	0	0	0.00	0	0	0.00	12.50	4.17	
10	10	D107.21 x G25.62	48	1	0	0	0.00	1	2	4.17	0	0	0.00	4.17	1.39	
11	11	D200.02 x G25.62	48	3	0	0	0.00	1	2	4.44	2	2	4.17	8.61	2.87	
12	12	D209.23 x G25.62	48	2	2	2	4.17	0	0	0.00	0	0	0.00	4.17	1.39	
13	13	H219.36 x G25.62	48	2	0	0	0.00	1	2	4.17	1	1	2.08	6.25	2.08	
14	14	D150.41 x G25.78	48	3	0	0	0.00	3	7	18.75	0	0	0.00	18.75	6.25	
15	15	D206.33 x G25.78	48	3	1	1	2.08	0	0	0.00	2	2	4.17	6.25	2.08	
16	16	C41.20 x G25.85	48	6	3	3	6.25	0	0	0.00	3	3	6.25	12.50	4.17	
17	17	C42.10 x G25.85	48	1	0	0	0.00	1	2	4.17	0	0	0.00	4.17	1.39	
18	18	D105.71 x G25.85	48	3	2	2	4.17	1	1	2.08	0	0	0.00	6.25	2.08	
19	19	C37.29 x N31.28	48	1	0	0	0.00	1	2	4.17	0	0	0.00	4.17	1.39	
20	20	D150.60 x N31.28	48	4	2	3	6.25	0	0	0.00	2	2	4.17	10.42	3.47	
21	21	D152.33 x N31.28	48	2	2	2	4.17	0	0	0.00	0	0	0.00	4.17	1.39	
22	22	D198.36 x N31.28	48	10	1	1	2.08	4	8	25.00	5	13	27.08	54.17	18.06	
23	23	D200.05 x N31.28	48	4	1	2	4.17	2	3	6.25	1	1	2.08	12.50	4.17	
24	24	D206.37 x N31.28	48	3	2	2	4.17	0	0	0.00	1	2	4.17	8.33	2.78	
25	25	D209.15 x N31.28	48	14	1	1	2.08	4	9	25.00	9	17	35.42	62.50	20.83	
26	26	D211.30 x N31.28	48	22	9	14	29.17	9	20	44.44	4	12	25.00	98.61	32.87	
27	27	D212.10 x N31.28	48	30	12	21	43.75	10	21	43.75	8	16	33.33	120.83	40.28	
Jumlah				141	52	71	148	44	86	201	45	81	169	518		
Rataan				5.22	1.93	2.63	5.48	1.63	3.19	7.44	1.67	3.00	6.25	19.17	6.39	

2. Contoh lain, yaitu projeni dari hasil persilangan D212.10 x N31.28, dari 3 ulangan ada 30 tanaman yang terserang CD,

- Ulangan 1 = 12 tanaman (7 tanaman dengan skor CD= 1; 1 tanaman dengan skor CD= 2 dan 4 tanaman dengan skor CD= 3),
- Ulangan 2 = 10 tanaman (3 tanaman skor CD 1; 3 tanaman skor CD 2 dan 4 tanaman skor CD 3), dan
- Ulangan 3 = 8 tanaman (2 tanaman skor CD 1; 4 tanaman skor CD 2 dan 2 tanaman skor CD 3). Di sini terlihat bahwa projeni tsb cukup parah serangan CD.

Perhitungan yang berhubungan dengan serangan gejala CD adalah

- Tanaman yang menunjukkan gejala serangan CD
 $\% \text{tanaman gejala CD} = \left[\frac{\text{tanaman yang terserang CD}}{\text{tanaman per plot}} \times 100 \right] \%$

$$= \left[\frac{30}{48} \right] / 3 \times 100\% = 20,8\%$$

$$\% \text{ gejala serangan CD pada projeni Da212.10 x N331.28} = 20,8\%$$

- Tanaman dengan tingkat keparahan gejala serangan CD
 $\% \text{ Tingkat Parah CD} = \left[\frac{\sum Ni \times \text{score}}{\text{total tanaman} \times \text{maksimum score}} \right] \times 100\%$
 Total keparahan gejala serangan CD =
 $\left[\frac{(7 \times 1) + (1 \times 2) + (4 \times 3)}{48} \right] + \left[\frac{(3 \times 1) + (3 \times 2) + (4 \times 3)}{48} \right] + \left[\frac{(2 \times 1) + (2 \times 2) + (2 \times 3)}{48} \right] \times 100\% = 120,83\%$
- Tingkat keparahan CD pada projeni D212.10 x N31.28 = $120,83\% / 3 = 40,28\%$

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan tentang sensus CD karena berhubungan dengan % tanaman yang terserang dan tingkat keparahan. Kedua hal ini menjadi pertimbangan pada saat melakukan seleksi projeni dengan gejala CD rendah. Berdasarkan Tabel 12 tentang sensus gejala serangan CD, ada dua projeni, yaitu:

- Dari persilangan D116.42 x E15.56 yang pada awal sensus tanaman yang terkena CD tercatat 25,4% lalu pada saat umur tanaman 5 TST tidak ada gejala CD, yaitu 0%.
- Dari persilangan H222.31 x E16.94 yang pada awal sensus tanaman yang terkena CD tercatat 25,6% lalu pada saat umur tanaman 5 TST masih ada gejala CD, yaitu 3,1%.

Kedua kondisi projeni ini terlihat bahwa gejala CD hampir sama, yaitu sekitar 25% namun waktu penyembuhan berbeda. Pada kondisi a, tanaman sawit muda mengalami penyembuhan dari gejala serangan CD saat berumur 5 TST, namun kondisi b, tanaman sawit muda masih menunjukkan adanya gejala serangan CD, yaitu 3,1% walaupun sudah berumur 5 TST yang berarti bahwa belum mengalami penyembuhan. Hal ini bisa terjadi karena proses gejala serangan CD dipengaruhi oleh tingkat keparahan serangan CD.

Jika dilihat berdasarkan perhitungan tingkat keparahan CD maka penyebab perbedaan waktu penyembuhan menjadi jelas. Pada kasus kondisi a, walau tercatat tanaman gejala serangan CD 25,4% namun skor keparahan CD lebih banyak yang rendah (skor 1) dan sedikit yang medium dengan skor 2. Sehingga proses penyembuhan bisa mencapai 4-12 bulan setelah sen-

sus CD. Sebaliknya, pada kasus kondisi b, tanaman dengan gejala serangan CD tercatat 25,6% namun skor keparahan CD lebih banyak yang medium dengan skor 2 dan atau yang berat dengan skor 3. Sehingga proses penyembuhan bisa mencapai >12 bulan bahkan bisa mencapai 6 tahun setelah sensus CD.

Serangan CD pada tanaman sawit muda disebabkan oleh dua faktor, yaitu lingkungan (keseimbangan hara tanaman) dan genetik. Hal ini berarti bahwa pada kondisi tertentu yang menyebabkan tanaman terjadi ketidakseimbangan kandungan hara tanaman maka gejala CD akan muncul. Selanjutnya, menurut Breure and Soebagjo (1991) bahwa induk dura merupakan faktor yang berkontribusi sebagai penyebab munculnya gejala CD. Tanaman sawit yang ditanam di lahan gambut akan relatif lebih rentan terserang CD dibandingkan dengan yang di lahan mineral. Tanah gambut mempunyai karakteristik tanah baik fisik dan kimia yang kurang bagus dibandingkan dengan tanah mineral. Lahan gambut mempunyai ciri-ciri yang dideskripsikan oleh USDA kemudian ditulis oleh Mutert dkk. (1999) antara lain kandungan unsur hara rendah kecuali N, kemampuan tanaman menjerap unsur hara sangat rendah, dan kapasitas koloid tanah memegang air yang tinggi. Selain berpengaruh pada penampakan serangan CD, produksi TBS dan kandungan minyak tanaman sawit yang ditanam di lahan gambut relatif lebih rendah dibandingkan dengan yang di lahan mineral (Setiawan dkk., 2014).

Berdasarkan nilai GCA dura dan pisifera maka dapat diketahui bahwa gejala serangan CD dipengaruhi oleh induk dura dan pisifera (Tabel 4 dan 5). Dengan demikian, induk dura yang masih menunjukkan gejala serangan CD > 1% pada saat umur 5 TST perlu dipertimbangkan dijadikan sebagai induk dura untuk produksi benih kecambah DxP unggul. Begitu juga induk pisifera yang masih mempunyai gejala serangan CD > 1% pada saat umur 5 TST lebih baik tidak digunakan sebagai sumber pollen untuk produksi benih unggul. Pernyataan ini melengkapi informasi yang disampaikan oleh Breure and Soebagjo (1991). Kondisi ini didukung oleh data yang tertera pada Tabel 9 bahwa secara umum projeni yang persilangannya menggunakan sumber *pollen* Nigeria (N) cenderung mempunyai gejala serangan CD lebih tinggi dibandingkan dengan yang Ghana (G). Berdasarkan Tabel 4 dan 5, penggunaan induk dura D209.15 dan induk pisifera E16.94 perlu dipertimbangkan untuk produksi benih kecambah DxP karena pada umur 5 TST kedua induk

ini masih mempunyai pengaruh timbulnya gejala CD yang masing-masing 2,4% dan 1,4%.

Dengan demikian, gejala serangan CD pada tanaman sawit muda hanya bersifat estetika karena akan mengalami penyembuhan. Penyembuhan tanaman dengan gejala CD dipengaruhi oleh jumlah tanaman dengan tingkat keparahan serangan CD. Walau tanaman sawit muda banyak menunjukkan gejala CD namun jika tingkat keparahan masih rendah, yaitu skor 1 maka akan membutuhkan waktu penyembuhan sekitar 6-9 bulan setelah sensus. Gejala serangan CD tidak berpengaruh pada waktu panen awal dan produksi TBS.

3.4 BENIH UNGGUL KELAPA SAWIT DENGAN SIFAT KETAHANAN YANG PUTATIVE TERHADAP SERANGAN GANODERMA

Penanaman kelapa sawit yang intensif dan terus menerus bisa mendorong berkembangnya jamur ganoderma yang awalnya tidak bermasalah menjadi jamur yang mampu menyerang pertumbuhan kelapa sawit hingga menurunkan produksi secara drastik. Serangan jamur ganoderma (*Ganoderma boninense*) biasa diistilahkan penyakit busuk pangkal batang (*basal stem rot*). Selama ini serangan ganoderma pada perkebunan kelapa sawit terjadi karena areal tersebut sudah dilakukan replanting lebih dari 3 kali atau lahan sudah ditanami kelapa sawit lebih dari 50 tahun. Sehingga serangan ganoderma muncul paling banyak pada tanaman kelapa sawit yang sudah berumur lebih dari 20 tahun. Namun dengan adanya perkembangan sistem tanam kelapa sawit di perkebunan maka gejala serangan kelapa sawit sudah nampak pada tanaman yang berumur 1 tahun.

Beberapa pendekatan atau cara agar tanaman sawit bebas dari serangan ganoderma, seperti menambahkan *Trichoderma* saat di pembibitan dan juga saat tanam di lapang. Secara laboratorium, jika dalam satu petridisk telah ditumbuhkan dua jamur, yaitu *Trichoderma sp* dan *Ganoderma sp*, maka pertumbuhan jamur ganoderma akan terdesak oleh pertumbuhan ganoderma sehingga dimasukkan dalam kriteria antagonistik. Hingga saat ini teknologi penambahan atau perlakuan dengan *Trichoderma sp* masih kontroversial atau dalam perdebatan. Cara lain yang masih dalam taraf penelitian adalah penggunaan jamur Mikoriza pada saat di pembibitan dan saat

tanam. Teknologi ini juga belum berkembang dan masih dalam skala penelitian atau laboratorium. Teknologi lain yang masih ada peluang dan masih berkembang adalah deteksi kemampuan tanaman atau gen untuk produksi lignin yang berlebihan. Ada pendugaan bahwa semakin tinggi kandungan lignin (terutama kualitas) maka semakin tinggi derajat ketahanan terhadap serangan ganoderma. Dengan demikian seleksi projeni yang memiliki gen berkarakter penghasil lignin tinggi menjadi salah satu kriteria seleksi untuk ketahanan ganoderma.

Teknologi yang bisa menjanjikan agar tanaman sawit tahan terhadap serangan ganoderma adalah dengan pemuliaan tanaman yang sistemnya “berbalik”. Maksud sistem berbalik ini adalah seleksi projeni hasil persilangan tanaman dura x pisifera ditanam di areal yang endemik terhadap serangan ganoderma (Gambar 3.36). Evaluasi, analisis dan seleksi projeni yang ditanam di areal serangan ganoderma akan lebih menjanjikan untuk mendapatkan induk yang menghasilkan projeni *putative* tahan ganoderma.



Gambar 3.36. Percobaan projeni pada areal yang endemik terhadap serangan ganoderma

Pengamatan projeni yang diduga tahan terhadap serangan ganoderma dilakukan dengan teliti, seksama, dan bijak. Seleksi awal dilakukan terhadap famili yang secara umum menunjukkan ketahanan terhadap ganoderma. Batasan tahan terhadap serangan ganoderma ditentukan berdasarkan pengamatan *visual*, yaitu persentase tanaman yang menunjukkan adanya gejala serangan ganoderma. Batasan persentase ketahanan terhadap

serangan ganoderma bisa mulai sekitar 30-40% dari jumlah tanaman per plot per famili. Jika memungkinkan ditambahkan dengan pengamatan di sekitar famili atau antar-famili yang ada gejala serangan ganoderma. Misalnya, projeni famili A dikatakan tahan terhadap serangan ganoderma jika projeni famili A ini menunjukkan persentase serangan ganoderma rendah atau 30%. Sehingga ada sekitar 70% tanaman dalam plot famili A tersebut menunjukkan pertumbuhan tanaman sehat dan hasil tinggi. Jika di sekitar plot famili A ada projeni famili lain yang tanamannya menunjukkan gejala serangan ganoderma parah ($> 50\%$) maka projeni famili A bisa dikatakan tahan terhadap serangan ganoderma.



Gambar 3.37. Seleksi projeni yang masih sehat dan produksi tinggi walau ada gejala serangan ganoderma

Semakin tinggi persentase tanaman dalam famili dengan gejala serangan tinggi maka semakin tinggi akurasi seleksi. Indikator lain yang bisa dijadikan kriteria adalah jika ada tanaman dalam famili A yang terseleksi tahan terhadap serangan ganoderma menunjukkan gejala adanya badan buah (*fruiting body*) di sekitar pangkal batang bawah (Gambar 3.37) maka tanaman tersebut memang diduga tahan terhadap serangan ganoderma. Dengan demikian induk dari projeni famili A bisa masuk kriteria yang tahan dan dilakukan uji ketahanan terhadap serangan ganoderma. Begitu juga tanaman dari projeni famili lain yang menunjukkan gejala serangan ganoderma dengan persentase tinggi bisa diseleksi dan masuk kriteria yang sensitif atau rentan terhadap serangan ganoderma.

Beberapa induk dura dan pisifera yang menghasilkan projeni dengan karakter tingkat ketahanan terhadap serangan ganoderma berbeda-beda (*varietal differences*) di areal endemik ganoderma dipilih. Kemudian persilangan beberapa induk dura dan pisifera yang terseleksi tersebut disusun lalu dibuat program persilangan. Seperti prosedur persilangan yang berlaku, yaitu setiap induk dura disilangkan dengan minimum 3 induk pisifera, begitu juga setiap induk pisifera disilangkan dengan minimum 4 induk dura. Syarat berikutnya adalah sifat persilangan sebaiknya menggunakan rancangan yang saling berhubungan (*connected design*). Setiap program persilangan diusahakan agar ada persilangan induk dura dan pisifera yang rentan terhadap serangan ganoderma yang akan digunakan sebagai control. Jika memungkinkan bisa menggunakan projeni lain (komersial) sebagai standar ketahanan sebagai *benchmark*. Evaluasi projeni untuk ketahanan ganoderma harus ditentukan waktu pengamatan hingga berapa bulan (6; 8; 10 atau 12 bulan) di pembibitan.

Pelaksanaan program persilangan sebaiknya dirancang agar panen dilaksanakan secara berurutan sehingga evaluasi di lapang mendapatkan data yang bisa dianalisis statistik dengan benar. Waktu antara persilangan dengan saat panen untuk mendapatkan biji adalah sekitar 9 bulan. Hal yang perlu disiapkan adalah penyediaan kubus ukuran 1 cm³ terbuat dari batang karet kering yang nantinya digunakan sebagai tempat inokulasi jamur ganoderma. Kemudian persiapan naungan (*wire house* = 60-70%) segera dilakukan untuk tempat penanaman kecambah serta uji ganoderma di tingkat pembibitan (Gambar 3.38). Masing-masing projeni mendapatkan perlakuan inokulasi ganoderma dengan tiga ulangan dan setiap ulangan ada 20 polibag. Sebaiknya, bibit di polybag sebanyak 20 polibag untuk masing-masing projeni disiapkan sebagai cadangan jika ada bibit yang rusak atau abnormal. Inokulasi ganoderma diterapkan bersamaan pada saat tanam kecambah.

Bibit umur 1-2 bulan setelah inokulasi ganoderma masih belum menunjukkan gejala serangan ganoderma (Gambar 3.39). Pertumbuhan bibit masih terlihat sehat, hal ini menandakan bahwa pertumbuhan akar bibit belum diserang oleh jamur ganoderma atau jamur ganoderma belum berkembang. Oleh karena itu, seleksi untuk bibit umur 1-2 bulan setelah tanam kecambah (BST) belum digunakan sebagai waktu seleksi di pembibitan atau *nursery level*. Namun pengamatan awal perlu dilakukan agar perkembangan jamur

ganoderma yang diinokulasikan di kubus kayu karet kering dapat dideteksi sedini mungkin. Selain itu juga bermanfaat untuk mengetahui derajat keaktifan jamur ganoderma.



Gambar 3.38. Penanaman kecambah pada 20 polibag per plot dalam kondisi naungan



Gambar 3.39. Pada bibit umur 1-2 BST belum terlihat adanya gejala serangan ganoderma

Saat umur bibit sekitar 2-3 bulan, badan buah (*fruiting body*) jamur ganoderma sudah mulai terlihat (Gambar 3.40). Hal ini menunjukkan bahwa sekitar 2-3 bulan setelah inokulasi, jamur ganoderma sudah berkembang dan aktif. Namun gejala serangan ganoderma masih belum terlihat pada bibit kelapa sawit. Oleh karena itu, seleksi untuk bibit umur 2-3 BST belum digunakan sebagai waktu seleksi di pembibitan atau *nursery level* untuk karakter ketahanan terhadap serangan ganoderma. Kondisi ini juga menunjukkan bahwa belum ada serangan ganoderma walaupun ganoderma sudah berkembang aktif.



Gambar 3.40. Bibit umur 2-3 BST terlihat adanya badan buah ganoderma pada polibag



Gambar 3.41. Gejala serangan ganoderma terlihat pada bibit umur 5-6 BST

Gejala serangan ganoderma awal terlihat pada bibit yang berumur 4-5 BST. Namun serangan ganoderma belum bisa mengakibatkan bibit mati. Beberapa bibit tanaman sawit mati akibat serangan ganoderma pada saat 5-6 BST (Gambar 3.41). Hal ini berarti bahwa seleksi tanaman sawit yang mempunyai putatif tahan ganoderma sudah dapat dilaksanakan pada saat bibit umur 6 BST.



Gambar 3.42. Serangan ganoderma sudah mampu mematikan bibit pada umur 7 BST



Gambar 3.43. Sebagian bibit umur 8 BST masih terlihat tumbuh dan ada yang mati

Gejala serangan ganoderma menunjukkan gejala serius pada saat bibit umur 7 BST. Pada saat umur 7 BST, terlihat beberapa projeni yang rentan terhadap serangan ganoderma menghasilkan hampir seluruh tanaman per plot projeni mati (Gambar 3.42). Namun sebagian projeni lainnya masih ada yang belum menunjukkan adanya serangan ganoderma. Jika pengamatan gejala serangan ganoderma dilanjutkan ke umur bibit 8 BST, projeni dengan bibit yang awalnya sehat akan terlihat gejala serangan ganoderma (Gambar 3.43).



Gambar 3.44. Sebagian bibit umur 10 BST masih terlihat tumbuh tapi yang lain sudah mati



Gambar 3.45. Sebagian bibit umur 12 BST masih terlihat tumbuh sehat tapi yang lain sudah mati

Pada saat umur bibit 10 BST yang berarti bahwa inokulasi jamur ganoderma pada batang karet kering sudah berlangsung 10 bulan. Sehingga

perkembangan jamur ganoderma sudah merata ke media tanam di polybag yang ditumbuhi oleh bibit sawit. Pada Gambar 3.44 terlihat bahwa sebagian tanaman pada projeni tertentu hanya menyisakan dua tanaman hidup dan sehat pada umur bibit 10 BST. Begitu juga, projeni tertentu yang tanamannya belum mati akibat serangan ganoderma pada umur 8 BST, tapi akhirnya mati pada saat umur bibit 12 BST (Gambar 3.45).

Oleh karena itu, seleksi projeni yang menghasilkan tanaman tahan serangan ganoderma di *nursery level* bisa beragam mulai umur bibit 6-12 BST. Semakin lama evaluasi projeni terhadap serangan ganoderma di *nursery level* maka semakin terlihat derajat ketahanan suatu projeni terhadap serangan ganoderma.

3.5 PRODUKSI BIBIT UNGGUL KELAPA SAWIT YANG PENDEK, KOMPAK, DENGAN KUALITAS DAN KUANTITAS MINYAK TINGGI MELALUI KLON

Lahan untuk areal pertanaman sawit semakin lama semakin berkurang karena beberapa hal seperti regulasi pemerintah, perubahan alih fungsi lahan, kurangnya pengetahuan petani akan pemeliharaan tanaman sawit, maupun bencana alam. Dengan demikian pengaturan populasi tanaman rapat merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan produktivitas lahan. Populasi tanaman rapat sekitar > 180 tanaman/ha bisa dilaksanakan jika ukuran pelepah sangat pendek, yaitu 4-7 m. Selanjutnya, kemudahan panen sawit merupakan harapan bagi penggiat sawit agar pemanen sawit bisa merasa aman saat melakukan kegiatan panen walaupun tanaman sawit sudah berumur >20 tahun. Hal ini disebabkan penggiat sawit menanam tanaman yang mempunyai karakter pertambahan tinggi tanaman sangat lambat, yaitu < 20 cm per tahun. Kandungan minyak tinggi juga merupakan andalan setiap penggiat sawit untuk meningkatkan pendapatan atau *cash flow*. Dengan demikian ada tiga karakter untuk sawit masa depan adalah, ukuran pelepah sangat pendek, yaitu 4-7 m; pertambahan tinggi tanaman sekitar < 20 cm per tahun, dan kandungan minyak tinggi, yaitu OB 36-40%.

Genotipe sawit yang mempunyai karakter pelepah pendek dan pertambahan tinggi tanaman sangat lambat adalah oleifera. Selanjutnya, genotipe guineensis merupakan kandidat kandungan minyak OB yang cukup tinggi dengan cara persilangan antar-induk yang mempunyai kandungan

OB tinggi, yaitu 36-40%. Dengan demikian, koleksi pohon induk yang mempunyai karakter ekeksotik tersebut sangat dibutuhkan untuk persilangan dan seleksi mendapatkan projeni yang diharapkan seperti, penanaman populasi rapat, penambahan tinggi tanaman pendek, dan kandungan minyak tinggi. Sifat pewarisan untuk ketiga karakter tersebut lebih ditentukan oleh kedua induk dura maupun pisifera.

-oo0oo-

Bab 4

PRODUKSI MINYAK SAWIT DENGAN BIBIT SUPER

Perkebunan sawit yang dikelola dengan menggunakan sistem pengelolaan yang bagus akan mempertimbangkan materi bibit “super” sebagai bahan tanaman. Bibit super berarti bahwa bibit yang digunakan bersifat legitim, relatif seragam pertumbuhannya, potensi hasil minyak tinggi, tandan banyak dan seragam. Bibit super ini berasal sistem perbanyakan tanaman dengan teknik kultur jaringan atau disebut dengan klon. Hapsoro dan Yusnita (2016) telah membahas metode perbanyakan klon kelapa sawit dengan kultur jaringan. Ada tiga cara untuk mencapai bibit “super” seperti klon hibrida tenera DxP, klon dura atau pisifera sebagai bahan persilangan untuk mendapatkan bibit semi-klon, dan klon dura dan pisifera sebagai bahan persilangan untuk memperoleh bibit bi-klon. Tahapan klon tanaman sawit mulai persediaan tanaman terpilih hingga perawatan bibit ortet dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Tahapan untuk menghasilkan klon sawit dimulai dari seleksi bahan tanaman di trial projeni, setelah tanaman terpilih dikonfirmasi maka dilaksanakan pemetongan umbut (tunas ujung). Tahapan selanjutnya adalah pengiriman umbut ke laboratorium untuk diproses dan diambil bagian pelepah yang sangat muda lalu dipotong kecil-kecil untuk diletakkan di cawan petridisk dengan media agar. Pembentukan kalus terjadi pada saat 4-6 bulan setelah tanam di petridisk yang kemudian berubah menjadi embrioid. Dari embrioid muncullah bakal tanaman baru pada saat sekitar 7-9 bulan setelah tanam di petridisk kemudian dilakukan seleksi awal untuk dipindahkan ke

media baru sehingga terbentuklah tanaman baru atau ortet yang terdiri atas beberapa helai daun dan akar, waktunya kira-kira 10-14 bulan setelah tanam di petridisk.



Gambar 4.1. Proses tahapan klon tanaman sawit secara umum: 1) tanaman terseleksi untuk ortet, 2) pemotongan ortet dilaksanakan, 3) pemotongan pelepah muda, 4) potongan eksplan, 5) pembentukan kalus, 6) perkembangan kalus ke embroid, 7) pembentukan tunas, 8) induksi akar, 9) ramet di hardening (pembibitan)

Ortet yang sudah diseleksi di laboratorium terutama penampakan yang sehat dari pelepah dan akar lalu dikirim ke kebun untuk ditanam di *pre-nursery* (PN) Media untuk pertumbuhan ramet di PN sebaiknya tanah *top soil* yang gembur agar pertumbuhan bibit sehat. Perawatan ramet di PN meliputi penyiraman, penyemprotan pestisida, pemupukan, dan pengendalian gulma secara manual. Sekitar umur 4-5 bulan di PN maka ramet dipindahkan ke *main nursery* (MN) selama 7-8 bulan setelah PN atau 12 bulan setelah tanam di PN. Pertumbuhan ramet di MN tidak berbeda dengan pertumbuhan bibit hasil dari kecambah. Umur pindah ramet untuk ditanam ke lapang juga sama dengan umur pindah bibit dari kecambah, yaitu 12 bulan setelah tanam (4-5 bulan di PN dan 7-8 bulan di MN).

4.1 KLON HIBRIDA TENERA DXP

Klon hibrida tenera DXP merupakan salah satu tahapan yang ada di metode RRS yang termodifikasi. Sistem pemilihan tanaman dari hibrida DXP untuk bahan klon harus ketat, seksama, dan disiplin. Bahan tanaman yang digunakan untuk bahan klon berasal dari seleksi tanaman projeni dengan pencatatan data yang dianalisis selama 5 tahun. Hal ini berarti bahwa data yang tercatat dianalisis untuk mendeskripsikan projeni seperti nilai rata-rata, nilai maksimum, nilai minimum, dan simpangan baku. Selanjutnya, hasil perhitungan estimasi nilai GCA maupun SCA untuk famili terbaik dari uji projeni DXP akan mendapatkan tanaman sawit yang berpotensi hasil minyak tinggi. Tujuan utama membuat klon DXP pada tanaman sawit adalah untuk memacu peningkatan produksi sawit terutama minyak. Namun biaya produksi untuk menghasilkan klon DXP cukup besar sehingga harga bibit klon DXP akan lebih mahal dibandingkan dengan bibit yang berasal dari persilangan DXP. Produksi bibit klon DXP secara komersial dengan skala besar akan menurunkan biaya per unit bibit sehingga harga bibit klon DXP akan bersaing dengan yang dari biji.



Gambar 4.2. *Tanaman sawit dengan jumlah tandan yang “outstanding” untuk calon ortet*

Oleh karena itu, salah satu persyaratan yang paling penting untuk produksi klon DXP secara komersial adalah ketersediaan ortet dengan mutu yang tinggi (Kushairi dkk., 2009). Mereka mengkategorikan ortet yang ber-

mutu tinggi adalah bahan tanaman berasal dari seleksi uji projeni berdasarkan individu terbaik di dalam famili terbaik dan tanaman klon DxP yang teruji di lapang mempunyai penampakan yang normal dan hasil minyak tinggi.



Gambar 4.3. Tandan buah besar dengan mesokap yang tebal



Gambar 4.4. Penampakan tanaman DxP pendek untuk calon ortet (tanam 1994)

Bahan untuk klon tanaman sawit DxP ini diseleksi dari individu tanaman terbaik di dalam famili yang terbaik berdasarkan sifat, minyak tinggi ($O/B > 35\%$), jumlah tandan banyak (Gambar 4.2), mesokap tebal (Gambar 4.3), pertambahan tinggi batang lambat sekitar $< 50 \text{ cm/th}$ (Gambar 4.4), penampakan tanaman sehat dalam arti tidak ada spot kuning di pelepah, terutama anak daun seperti yang terlihat pada Gambar 4.5, tandan buah tidak menghasilkan buah yang mantling seperti pada Gambar 4.6, dan gejala serangan CD sangat rendah.

Selain itu, dengan menggunakan jenis DxP klonal tidak hanya hasil minyak tinggi yang diperoleh namun keseragaman tanaman sawit (Gambar 4.7) juga diperlukan untuk skala komersial. Bahan ortet diseleksi secara ketat berdasarkan penampakan famili yang terbaik kemudian dilakukan seleksi lagi untuk mendapatkan tanaman projeni di dalam famili terbaik berdasarkan evaluasi vegetatif dan generatif selama minimal 5 tahun data. Setelah data dianalisis maka dilakukan evaluasi dari beberapa projeni yang

diuji, langkah selanjutnya adalah seleksi penampakan famili yang terbaik. Dari seleksi famili terbaik tersebut dipilih lagi individu tanaman dalam projeni terbaik yang mempunyai penampakan terbaik di antara 16 tanaman per plot. Individu tanaman terbaik dari seleksi famili terbaik dijadikan sebagai bahan ortet untuk diklon.



Gambar 4.5. Tanaman sawit dengan gejala "yellowing spot" pada pelepah



Gambar 4.6. Tandan sawit dengan buah abnormal atau mantling



Gambar 4.7. Penampakan tanaman sawit klonal yang relatif homogen

4.2 KLON DURA DAN PISIFERA

Seleksi induk dura dan pisifera untuk produksi benih berdasarkan penampakan uji projeni. Sifat utama yang diinginkan adalah kandungan minyak tinggi, pertambahan tinggi batang lambat, dan tanaman sehat serta normal (Tabel 13). Sebelum tanaman induk dura dan pisifera diklon maka tanaman induk tsb dilakukan persilangan sendiri (selfing DxD) untuk dura dan persilangan saudara tiri (sibbing TxP). Jika induk dura yang klon disilangkan dengan induk pisifera yang bukan klon maka projeninya adalah

semi klon. Selanjutnya, jika induk dura dan pisifera berasal dari induk yang klon lalu dilakukan persilangan maka projeninya dinamakan bi-klon.



Gambar 4.8. Tanaman sawit dura yang pendek dengan kandungan O/B tinggi dan sehat (umur 13 tahun)



Gambar 4.9. Tanaman sawit pisifera yang pendek dan sehat (umur 13 tahun)

Pemilihan induk dura dan pisifera untuk bahan klon sebaiknya memenuhi syarat seperti pendek, sehat dan normal. Jika tanaman sawit dura yang akan diklon dan dijadikan induk mempunyai pertambahan tinggi batang pendek (Gambar 4.8), maka sifat ini akan diwariskan pada turunannya. Begitu juga jika tanaman sawit pisifera yang akan diklon dan dijadikan induk mempunyai pertambahan tinggi batang pendek (Gambar 4.9), maka sifat ini akan diwariskan pada turunannya. Persilangan antara dura klon dan pisifera klon akan menghasilkan tenera klon (bi-klon) dengan karakter mampu menghasilkan produksi tinggi dan pertambahan batang pendek. Untuk memperoleh projeni yang mempunyai kandungan minyak tinggi, pertambahan tinggi batang lambat serta sehat dan normal maka perlu dilakukan kriteria seleksi yang ketat seperti pada Tabel 3.13.

Tabel 3.13 *Kriteria seleksi pada projeni terhadap beberapa sifat yang diinginkan untuk tanaman induk dura yang akan di klon*

No	Karakter	Ukuran
1	Tandan buah segar (TBS) per pokok	>175 kg
2	Bobot per tandan	>8,5 kg
3	Jumlah tandan per pokok	>20
4	Skor gejala serangan penyakit CD	<1
5	Rasio buah per tandan (buah fertil) atau fruit set	>65%
6	Bobot buah	>9 g
7	Bobot kernel atau inti	>0.6 g

Peningkatan produksi TBS dan CPO tanaman sawit bisa dilaksanakan melalui beberapa langkah seperti persilangan, kultur jaringan (klon), penerapan *Best Management Practise*, introduksi genotipe dari luar, dan peningkatan efisiensi infrastruktur ataupun peralatan baik di kebun maupun di pabrik (*mill*). Peningkatan produksi TBS dan CPO harus bersifat berkelanjutan (*sustainable*), lestari dan aman lingkungan (*friendly environmentally save*).

Secara umum, teknik persilangan yang digunakan untuk perbaikan sifat pewarisan dan perbanyak benih sawit adalah RRS (*reciprocal recurrent selection*). Pada tulisan ini, perbaikan sifat pewarisan dan perbanyak benih menggunakan modifikasi RRS karena ada beberapa langkah tambahan seperti melakukan klon dura dan pisifera yang terseleksi berdasarkan penampakan projeni terbaik. Begitu juga perbanyak projeni hibrida tenera DxP yang terseleksi berdasarkan penampilan famili terbaik dan individu tanaman di dalam famili terbaik untuk dilakukan kloning. Jika hasil evaluasi *pre-eliminatory* uji klon menunjukkan produksi TBS dan CPO tinggi maka dilanjutkan dengan uji skala besar pada lokasi berbeda. Apabila famili terseleksi pada uji skala besar menunjukkan stabilitas hasil tinggi maka famili tersebut boleh diperbanyak dengan melakukan *re-clone*.

Semi klon merupakan sistem perbanyak dan perbaikan sifat pewarisan tanaman sawit melalui persilangan yang salah satu induknya (dua atau pisifera) berasal dari klon. Selanjutnya, bi-klon adalah perbanyak tanaman

sawit melalui persilangan yang kedua induknya (dura dan pisfera) berasal dari klon.

Perbaiki sifat pewarisan untuk mendapatkan kandungan minyak tak jenuh tinggi, pertambahan tinggi batang lambat, dan tahan terhadap penyakit busuk pucuk (*but rot*) melalui persilangan antara oleifera dan guineensis. Jika turunan F1 masih mengandung minyak tak jenuh rendah (< 70 IV) maka dilakukan silang balik dengan oleifera, BC1. Apabila projeni F1 hasil persilangan oleifera dan guineensis menunjukkan kandungan minyak tak jenuh tinggi (> 74) maka boleh diperbanyak dengan kultur jaringan. Kondisi ini dibolehkan jika penampakan buah awal F1 OG tidak menunjukkan abnormal atau mantling.

Seleksi induk terbaik untuk meminimumkan gejala penyakit fisiologi, *crown disease* (CD) perlu dilakukan walaupun gejala CD bisa sembuh dan tidak berpengaruh pada produksi sawit. Waktu untuk proses penyembuhan CD berbeda-beda untuk setiap tanaman bergantung pada tingkat keparahan atau skor gejala CD. Semakin tinggi skor CD (misalnya 3) dan semakin banyak tanaman yang terserang CD dengan skor parah maka proses penyembuhan akan lama. Proses penyembuhan gejala CD pada tanaman sawit bisa berkisar 6-14 bulan dari awal sensus.

Seleksi ketahanan terhadap serangan jamur *Ganoderma sp* dilakukan berdasarkan *trial terbalik*, seleksi penampakan projeni yang ditanam di areal endemik ganoderma. Seleksi dilaksanakan pada penampakan famili yang mempunyai ketahanan terhadap ganoderma. Berdasarkan beberapa famili yang telah terseleksi, disusun induk dura dan pisfera yang sesuai dengan projeninya. Persiapan pembuatan inokulum ganoderma dan persilangan dilaksanakan serta jadwal panen untuk benih disesuaikan dengan jadwal uji projeni di *nursery level*. Penanaman kecambah hasil persilangan induk dura dan pisfera yang tahan ganoderma dilakukan yang posisinya persis di atas penanaman inokulasi ganoderma (kubus batang karet kering).



DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Mohd Isa Z., Ghizan Saleh, and N. Rajanaidu. 1998. Determination of genetic diversity in *Elaeis oleifera* using RAPD markers. Third National Congress on Genetics, 18-19 November 1998. 210-214.
- Alvarado, A., F. Sterling, and C. Montoya. 2000. Oil palm selection based on kernel content. ASD Oil Palm Paper. 20: 19-26.
- Arias, D., C. Montoya, L. Rey, and H. Romero. 2012. Genetic similarity among commercial oil palm materials based on microsatellite markers. *Agron. Colombiana*. 30(2): 188-195.
- Arias D., C. Montoya, and H. Romero. 2012. Molecular characterization of oil palm *Elaeis guineensis* Jacq. materials from Cameroon. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*; 1-9.
- Barba J., Y. Baquero, L. Mendoza. 2014. Genetic Diversity of Oil Palm: A Source for Ecological Intensification of Oil Palm Areas Affected by But Rot Disease. The 4th International Conference in Oil Palm and Environment (ICOPE). "Oil Palm Cultivation: Becoming Model for Tomorrow's Sustainable Agriculture. The Stones Hotel-Legian Bali, 12-14 February 2014.
- Barcelos, E., P. Amblard, J. Berthaud, and M. Seguin. 2002. Genetic diversity and relationship in American and African oil palm as revealed by RFLP and AFLP molecular markers. *Pesq. agropec. bras., Brasília*. 37 (8): 1105-1114

- Breurel, C.J. and F.X. Soebagjo. 1991. Factors associated with occurrence of crown disease in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) and its effect on growth and yield. *Euphytica*. 54 : 55-64.
- Cha-um, S., N. Yamada, T. Takabe, C. Kirdmanee. 2013. Physiological features and growth characters of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in response to reduced water-deficit and rewatering. *Aust. J. of Crop Sci.* 7(3):432-439
- Cros D., M. Denis, Jean-Marc Bouvet and L. Sánchez. 2015. Long-term genomic selection for heterosis without dominance in multiplicative traits: case study of bunch production in oil palm. *BMC Genomics*. 16:651-668
- Dauqan, E.M. A., H.A.S. A. Abdullah and Z.M. Kasim. 2011. Fatty Acids Composition of Four Different Vegetable Oils (Red Palm Olein, Palm Olein, Corn Oil and Coconut Oil) by Gas Chromatography. The 2nd International Conference on Chemistry and Chemical Engineering IPCBEE vol.14. IACSIT Press, Singapore. 31-34.
- Dumortier, F., S. Lord, and T.K. Lim. 2011. Ensuring the continuous improvement and quality of Dami seeds. http://www.nbpol.com/pg/wp-content/uploads/downloads/2011/02/Ensuring_the_continuous_improvement
- East Asia Plant Variety Protection Forum (EAPVP). 2012. Harmonization of oil palm Technical Guidelines (TG). In: Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. p 32
- Hafizi, R. Hafizi, B. Salleh, Z. Latiffah. 2013. Morphological and molecular characterization of *Fusarium solani* and *F. oxysporum* associated with crown disease of oil palm. *Brazilian J. of Microbiology*. 44 (3): 959-968.
- Hapsoro, D dan Yusnita. 2016. Kultur Jaringan Untuk Perbanyak Klonal Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). Universitas Lampung. 120 hlm.
- Hartley, C.W.S. 1988. The Oil Palm. Third ed. Longman Scientific & Technical. 759 pp.
- Irik, F. 2011. Response to Short Term Selection, Population and Quantitative Genetics. Depart. Of Forestry and Environmental Resources, North Carolina State Univ. 20 pp.

- Index Mundi. 2016. Palm Oil Area Harvested by Country in 1000 ha.
- Kushairi, A., N. Rajanaidu, B. S. Jalani, and A. H. Zakri. 1999. Agronomic performance and genetic variability of Dura x Pisifera progenies. *J. of Oil Palm Res.* 11(2): 1-24
- Kushairi, A., Tarmizi, A. H., Zamzuri, I., Ong-Abdullah, M., Samsul Kamal, R., Ooi S. E. and Rajanaidu, N. 2009. Production, Performance and Advances in Oil Palm Tissue Culture. Proc. International Seminar on Advances in Oil Palm Tissue Culture, held on 29 May 2010 in Yogyakarta, Indonesia. Organized by the International Society for Oil Palm Breeders (ISOPB)
- Li-Hammed M A, A. Kushairi, N. Rajanaidu, M. S. Hassan, Che Wan Zanariah C W Ngah, B. S. Jalani and E. I. Olalekan. 2015. Genetic diversity in oil palm germplasm as shown by hierarchical clustering methods. *Inter. J of Recent Sci. Res.* 6 (6): 4866-4872.
- Khan, F. and K. Mejia. 1986. Palm Brief: The American oil Palm, *Elaeis oleifera* in Peruvian Amozone. *Principes.* 30 (4): 182.
- Madon, M., Clyde M.M, and Cheah S.S. 1998. Cytological analysis of *Elaeis guineensis* and *Elaeis oleifera* chromosome. *J. of Oil Palm Res.* 10 (1): 68-91.
- Méndez, Y. D. R., L.M. Chacón, C.J. Bayona, H.M. Romero. 2013. Physiological response of oil palm interspecific hybrids (*Elaeis oleifera* H.B.K. Cortes versus *Elaeis guineensis* Jacq.) to water deficit. *Braz. J. Plant Physiol.* 24(4): 273-280.
- Monge, J.E., N. Vasquez, and C.M. Chinchilla. 1994. Common/spear rot crown disease in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.): Anatomy of the affected tissue. *Elaeis.* 6 (2): 102-108.
- Mutert, E., T.H. Fairhurst and H.R. von Uexküll. 1999. Agronomic Management of Oil Palms on Deep Peat. Better Crops International. Vol. 13, No. 1, May 1999.
- Ngoot-Chin, T., J. Jansen, S. Mayes, F. Massawe, R. Sambanthamurthi, L. Cheng-Li Ooi, C. W. Chin, X. Arulandoo, Tzer-Ying Seng, S. S. R. S. Alwee, M. Ithnin and R. Singh. 2014. High density SNP and SSR-based

- genetic maps of two independent oil palm hybrids. *BMC Genomics*. 15:309-320
- Nodichao, L., J.L. Chopart, O. Rounsard, M. Vauclin, S. Ake, C. Jourdan. 2011. Genotypic variability of oil palm root system distribution in the field. Consequences for water uptake. *Plant and Soil*. 341 (1-2) : 505-520.
- Noer, C. Hamdani. 2013. Kelapa Sawit Tertua di Kebun Raya Bogor. Antara. 3pp.
- Noh, A., M. Y. Rafii, G. Saleh, A. Kushairi, and M. A. Latif. 2012. Genetic performance and general combining ability of oil palm Deli dura x AVROS pisifera tested on inland soils. *The Scien.World J*. 1-8
- Norziha, A., M.Y. Rafii, I. Maizura, and S. Ghizan. 2008. Genetic variation among oil palm parent genotypes and their progenies based on microsatellite markers. *J. of Oil Palm Res*. (20): 533-541.
- Okoye, M. N., C. Bakoumé, M. I. Uguru, R. Singh and C. O. Okwuagwu. 2016. Genetic relationships between elite oil palms from Nigeria and selected breeding and germplasm materials from Malaysia via simple sequence repeat (SSR) markers. *J. of Agric. Sci*. 8 (2): 159-178.
- Okwuagwu, C.O., M.N. Okoye, E.C. Okolo, C.D. Ataga, M.I. Uguru. 2008. Genetic variability of fresh fruit bunch yield in Deli/*dura* x *tenera* breeding populations of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Nigeria. *J. of Trop. Agric*. 46 (1-2): 52-57.
- Quaicoe, R.N., G.K. Yawson, S.O. Appiah. 2008. Incidence of 'crown fracture' disease of oil palm in Ghana. *Ghana J. of Agric. Sci*. 41 (2): 234-239.
- Pohl, C. and C.K. Loong. 2016. In-situ data collection for oil palm tree height determination using synthetic aperture radar. The 9th Symposium of the International Society for Digital Earth (ISDE). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 34. doi:10.1088/1755-1315/34/1/012027.
- Setiawan, K., S. Purwanti, I. Ihsan, E.O. Ginting, R. Akbar, E. Suprihanto, Abdurrahman, A. B. Beng. 2014. Performan TBS dan Minyak CPO DxP Unggul Topaz di Tanah Mineral dan Gambut. Pros. Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Dekan Bidang Ilmu Pertanian BKS-PTN Wilayah Barat, Bandar Lampung 19-20 Agustus 2014.

- Setiawan, K. 2002a. Drought tolerant peanut variety in relation to endogenous hormone of ABA. *J. Agrista*. Vol 4 (2): 156-164.
- Setiawan, K. 2002b. Drought tolerant peanut variety in relation to leaf chlorophyll and endogenous hormone of cytokinin. *J. Agrista*. 4 (3): 256-262.
- Setiawan, K., M. Kamal, A. Karyanto, dan M. S. Hadi. 2003. Yield quality and production of different upland rice genotype under shade condition of 4 year old of rubber tree as applied by cytokinin. *J. Agrotropika*. Desember 2003. Vol. VIII (2): 27-31.
- Sungkono dan K. Setiawan. 2004. Keragaan vegetatif dan generatif genotipe padi gogo pada kondisi naungan tanaman karet umur 4 tahun di dua lokasi berbeda. *J. Pen. Pert. Terapan*. Mei-2004. Vol. 4-a (2): 61 - 67.
- Sungkono dan K. Setiawan. 2001. Shade and Internode in Relation to Root System of Legume Cover Crop. Seminar Nasional, September 2001-Universitas Lampung, Lampung, 26-27 September 2001.
- Taeprayoon, P., P. Tanya, Suk-Ha Lee and P. Srinives. 2015. Genetic background of three commercial oil palm breeding populations in Thailand revealed by SSR markers. *Aust. J. Crop Sci.* 9(4):281-288.
- Verheye, W. 2010. Growth and Production of Oil Palm. In: Verheye, W. (ed.), *Land Use, Land Cover and Soil Sciences*. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), UNESCO-EOLSS Publishers, Oxford, UK. <http://www.eolss.net>
- Yousefi, M., L. Nateghi, and K. Rezaee. 2013. Investigation of physicochemical properties, fatty acids profile and sterol content in Malaysian coconut and palm oil. *Ann. of Bio. Res.* 4 (4):214-219.
- Zaki Noorhariza Mohd, Ismanizan Ismail, Rozana Rosli, Ting Ngoot Chin and Rajinder Singh. 2010. Development and characterization of *Elaeis oleifera* microsatellite markers. *Sains Malaysiana* 39(6)(2010): 909-912.

