

**SELEKSI DURA ANGOLA DIDASARKAN
ANALISIS VARIASI FENOTIPE**

(Tesis)

**Oleh
BAYU LESMANA
2224011001**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**SELEKSI DURA ANGOLA DIDASARKAN
ANALISIS VARIASI FENOTIPE**

Oleh

Bayu Lesmana

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PERTANIAN

Pada

Program Studi Pascasarjana Magister Agronomi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

SELEKSI DURA ANGOLA DIDASARKAN ANALISIS VARIASI FENOTIPE

**Oleh
BAYU LESMANA**

Indonesia merupakan produsen minyak sawit terbesar di dunia, sehingga peningkatan produktivitas berkelanjutan menjadi kebutuhan strategis untuk menjaga daya saing industri. Upaya tersebut dapat ditempuh melalui pengembangan varietas unggul yang memiliki hasil minyak tinggi, pertumbuhan batang lambat, serta kualitas agronomis yang baik. Dura Angola, sebagai plasma nutfah asal Afrika yang diintroduksi PT Binasawit Makmur pada tahun 2010, berpotensi memperluas basis genetik dura yang selama ini relatif sempit, sekaligus menjadi sumber sifat penting bagi pemuliaan kelapa sawit. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi genotipe potensial dan menyeleksi populasi unggul dura Angola berdasarkan variasi fenotipe dan parameter genetik. Penelitian dilakukan pada 1.029 pohon berumur 11 tahun di Kebun Mesuji PT Aek Tarum, Sumatera Selatan. Karakter yang diamati meliputi komponen produksi (jumlah tandan, bobot tandan segar, bobot tandan rata-rata), pertumbuhan vegetatif (pertambahan tinggi batang, panjang rachis, luas daun, produksi pelepah), serta kuantitas minyak (F/B, M/F, O/WM, O/B, OER). Data dianalisis menggunakan rancangan blok tidak lengkap tidak seimbang (Unbalanced Incomplete Block Design) dengan General Linear Model, dilanjutkan estimasi heritabilitas, koefisien keragaman genetik dan fenotipe, serta korelasi antar karakter. Hasil penelitian menunjukkan keragaman fenotipe dan genetik yang signifikan pada sebagian besar karakter. Nilai heritabilitas tinggi ($h^2 > 0,60$) diperoleh pada karakter jumlah tandan, bobot tandan rata-rata, panjang rachis, pertambahan tinggi batang, M/F, O/B, dan OER. Ditemukan korelasi positif kuat antara M/F dan O/B ($r = 0,80^{**}$), serta korelasi negatif signifikan antara jumlah tandan dan bobot tandan rata-rata ($r = -0,75^{**}$), yang menunjukkan adanya kompromi fisiologis dalam ekspresi karakter produksi. Berdasarkan hasil skoring multi-karakter, teridentifikasi tujuh aksesi unggul, yaitu A074/20, A040/22, A040/12, A041/26, A041/22, A075/08, dan A095/05, yang direkomendasikan sebagai tetua potensial dalam pengembangan varietas unggul kelapa sawit berbasis sumber daya genetik Angola.

Kata kunci: dura Angola, heritabilitas, kelapa sawit, plasma nutfah, seleksi genetik.

ABSTRACT

SELECTION OF DURA ANGOLA BASED ON PHENOTYPIC VARIATION ANALYSIS

By

BAYU LESMANA

Indonesia is the world's largest producer of palm oil, making sustainable productivity improvement a strategic necessity to maintain global competitiveness. This effort can be achieved through the development of superior varieties with high oil yield, slow stem growth, and favorable agronomic quality. dura Angola, a germplasm originally from Africa and introduced by PT Binasawit Makmur in 2010, offers the potential to broaden the relatively narrow genetic base of dura while serving as an important source of desirable traits for oil palm breeding. This study aimed to identify potential genotypes and select superior populations of dura Angola based on phenotypic variation and genetic parameters. The research was conducted on 1,029 eleven-year-old palms at Mesuji Estate of PT Aek Tarum, South Sumatra. The observed traits included production components (bunch number, fresh fruit bunch weight, average bunch weight), vegetative growth (stem height increment, rachis length, leaf area, frond production), and oil yield traits (F/B, M/F, O/WM, O/B, OER). Data were analyzed using an Unbalanced Incomplete Block Design with a General Linear Model, followed by estimation of heritability, coefficients of genetic and phenotypic variation, and trait correlations. Results revealed significant phenotypic and genetic variation for most traits. High heritability values ($h^2 > 0.60$) were observed for bunch number, average bunch weight, rachis length, stem height increment, M/F, O/B, and OER. A strong positive correlation was found between M/F and O/B ($r = 0.80^{**}$), while a significant negative correlation was detected between bunch number and average bunch weight ($r = -0.75^{**}$), indicating physiological trade-offs among yield components. Based on multi-trait scoring, seven superior accessions were identified—A074/20, A040/22, A040/12, A041/26, A041/22, A075/08, and A095/05—recommended as potential parental materials for the development of superior oil palm varieties utilizing Angolan genetic resources.

Keywords: dura Angola, heritability, genetic selection, germplasm, oil palm.

Judul Tesis

: **SELEKSI DURA ANGOLA DIDASARKAN
ANALISIS VARIASI FENOTIPE**

Nama Mahasiswa

: Bayu Lesmana

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2224011001

Program Studi

: Magister Agronomi

Fakultas

: Pertanian

Menyetujui

1. Komisi Pembimbing



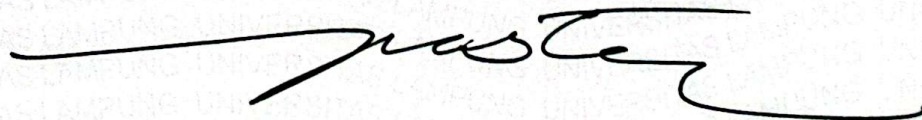
The image shows two handwritten signatures in black ink. The signature on the left is for Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, and the signature on the right is for Prof. Dr. Ir. Dwi Hapsoro. They are positioned over a large, faint watermark of the Universitas Lampung logo, which features a yellow torch and green leaves.

Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, M.Sc.
NIP 19610218 198503 1 002

Prof. Dr. Ir. Dwi Hapsoro, M.Sc.
NIP 19610402 198603 1 003

Dr. Ir. Dwi Asmono, M.S. APU

2. Ketua Program Studi Magister Agronomi



The image shows a single handwritten signature in black ink, belonging to Prof. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwi. It is positioned above the text identifying him as the Head of the Master of Agronomy Program.

Prof. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwi, M.S.
NIP 19620928 198703 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

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

Sekretaris

: Prof. Dr. Ir. Dwi Hapsoro, M.Sc.

Anggota

: Dr. Ir. Dwi Asmono, M.S. APU

Penguji 1

Bukan pembimbing : Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc.



Dekan Fakultas Pertanian

Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 19621118 198902 1 002



Direktor Pascasarjana Universitas Lampung

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP. 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 5 Agustus 2025

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul "SELEKSI DURA ANGOLA DIDASARKAN ANALISIS VARIASI FENOTIPE" merupakan hasil karya saya sendiri. Saya tidak melakukan plagiarisme atau menjiplak karya orang lain dengan cara yang bertentangan dengan norma dan etika ilmiah yang berlaku di lingkungan akademik. Seluruh isi dan hasil dalam tesis ini telah ditulis sesuai dengan kaidah penulisan karya ilmiah yang berlaku di Universitas Lampung.
2. Pembimbing dalam penulisan tesis ini berhak mempublikasikan sebagian atau seluruh isi tesis dalam bentuk artikel ilmiah pada jurnal ilmiah dengan mencantumkan nama saya sebagai salah satu penulis.
3. Hak kekayaan intelektual atas karya ilmiah ini saya serahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima segala konsekuensi dan sanksi akademik yang berlaku sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 2 Februari 2026

Pembuat Pernyataan,

A handwritten signature in black ink is written over a red and yellow 10,000 Rupiah stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text "REPUBLIK INDONESIA", "10000", and "METERAI TEMPEL". The serial number "79ANX265455629" is visible at the bottom of the stamp.

Bayu Lesmana
NPM 2224011001

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama **Bayu Lesmana**, lahir di Medan pada tanggal 3 Februari 1984. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 060818 dan menyelesaikannya pada tahun 1996, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Swasta Eria Medan dan lulus pada tahun 1999. Pendidikan menengah atas ditempuh di SMUN 10 Medan dan diselesaikan pada tahun 2002. Setelah itu, penulis melanjutkan studi strata satu (S1) di Universitas Sumatera Utara dengan program studi Pemuliaan Tanaman, dan menyelesaikannya pada tahun 2007. Saat ini penulis sedang menempuh studi strata dua (S2) di Universitas Lampung dengan program studi Magister Agronomi, yang menjadi dasar penyusunan tesis ini.

Sejak April 2014, penulis bekerja di PT Sampoerna Agro, Tbk dan hingga saat ini menjabat sebagai Pjs Breeding Operations Senior Researcher pada Departemen Research & Development. Dalam pekerjaannya, penulis terlibat dalam berbagai kegiatan penelitian dan pengembangan tanaman selain kelapa sawit. Penulis juga memiliki pengalaman dalam pengelolaan kebun benih kelapa sawit, perencanaan dan pelaksanaan program pemuliaan, pengumpulan serta analisis data potensi produksi, serta penerapan berbagai praktik terbaik di lapangan.

Selain itu, penulis berperan aktif dalam pengembangan program pemuliaan kelapa sawit berbasis konvensional untuk mendukung seleksi genetik, serta kolaborasi internasional dalam program pemuliaan OxO (Oleifera × Oleifera) dengan Energy & Palma, Ecuador. Melalui latar belakang pendidikan dan pengalaman kerja tersebut, penulis berkomitmen untuk mengembangkan varietas kelapa sawit unggul yang memiliki produktivitas tinggi, pertumbuhan batang lambat, dan kualitas hasil minyak yang baik, guna mendukung keberlanjutan industri kelapa sawit di Indonesia.

*Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.
Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”
(QS. Al-Mujādilah: 11; QS. Al-Insyirāḥ: 6)*

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul: “Seleksi dura Angola Didasarkan Analisis Variasi Fenotipe”

Penyusunan tesis ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan, serta bimbingan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M.S., selaku Ketua Program Studi Magister Agronomi, atas ilmu, motivasi, serta bimbingan selama masa studi hingga penyusunan tesis ini.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, M.Sc., selaku Pembimbing Utama, atas ide, arahan, serta kritik dan saran yang sangat berharga selama proses penelitian hingga penyusunan tesis ini.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Dwi Hapsoro, M.Sc., selaku Pembimbing Pendamping I, atas kesabaran, ilmu, dan bimbingan yang sangat membantu dalam penyusunan tesis ini.

7. Bapak Dr. Ir. Dwi Asmono, M.S., APU, selaku Pembimbing Pendamping II, atas kontribusi, pemikiran, dan waktunya yang berharga dalam penyusunan karya ilmiah ini.
8. Bapak Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc., selaku Dosen Penguji, atas masukan, ilmu, dan saran yang sangat berarti dalam penyempurnaan tesis ini.
9. Seluruh Dosen Program Studi Magister Agronomi, atas semua ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Universitas Lampung.
10. Kedua orang tua tercinta, Alm. Bapak Chairussalim, S.E. dan Almh. Ibu Dewani, serta istri tercinta Tri Mardiaty, S.P., dan anak-anak tersayang Alya Arundina Lesmana dan Faeyza Yucca Lesmana, atas doa, dukungan, cinta, dan pengorbanan yang menjadi sumber kekuatan dan semangat penulis. Tidak lupa pula kepada adik-adik tersayang, M. Dian Irfan Perkasa S.T., MBA, Dede Aldila, S.T., dan Wulandari S.H., yang telah memberikan dukungan dan semangat tiada henti.
11. Bapak Dr. Fahmi Wendra Setiostono, S.P., M.Si., selaku Head of Breeding PT Binasawit Makmur, atas arahan dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam melaksanakan penelitian.
12. Bapak Wawan Abdullah Setiawan S.Si, M.Si, selaku Dosen Biologi dan Bioteknologi, atas bimbingan yang diberikan kepada penulis dalam melaksanakan penelitian.
13. Rekan-rekan staf PT Binasawit Makmur: Ibu Baitha Santika, Ibu Upit Sarimana, Bapak Agry Widya Pradipta, Ibu Yulia Puspita Ningrum, Bapak Nurcahyono Indarto, Bapak Ramadoni, Bapak Sony Sopian dan Bapak Ricoh Darisman S, Ibu Dyan Pitaloka serta tim admin Unit *Breeding* atas bantuan dan kerja sama selama proses penelitian di lapangan.
14. Rekan-rekan Mahasiswa Magister Agronomi Angkatan 2022: Bayu Aji N, Cahyo Lukmantoro, Cicilia Novian Puspitarini, Emir Matslan Lubis, Ika Maysaroh, Ita Rizkiana, Naufal Dani Fauzan, Novi Kurnia, Rahmat Hidayat, Rusdi Sion, Yusuf Fadhilah Umar, Tuti Nur K, dan Zakiah S., atas kebersamaan, semangat, dan dukungan selama masa studi.

15. Almamater tercinta, Universitas Lampung, yang telah menjadi tempat penulis menimba ilmu dan berkembang secara akademik maupun pribadi. Penulis menyadari bahwa karya ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga tesis ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang pemuliaan tanaman, serta menjadi referensi yang bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan

Bandar Lampung, 2 Februari 2026
Penulis,

Bayu Lesmana

DAFTAR ISI

	Halaman
SURAT PERNYATAAN	i
RIWAYAT HIDUP	ii
SANWACANA.....	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan.....	4
1.3. Kerangka Pemikiran	4
1.4. Hipotesis.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Asal Usul Tanaman Kelapa Sawit	6
2.2. Taksonomi Tanaman Kelapa Sawit	6
2.3. Morfologi Tanaman Kelapa Sawit.....	7
2.3.1. Akar.....	7
2.3.2. Batang.....	7
2.3.3. Daun	7
2.3.4. Bunga	8
2.3.5. Buah	8
2.4. Syarat Tumbuh Tanaman Kelapa Sawit	9
2.5. Pemuliaan Kelapa Sawit.....	9
2.6. Populasi Dura Elit	10
2.7. Populasi Dura Angola.....	11

III. METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2. Bahan dan Alat Penelitian	12
3.3. Metode Penelitian.....	12
3.4. Pelaksanaan penelitian	14
3.4.1. Pengamatan Karakter Produksi	14
3.4.2. Pengamatan Karakter Pertumbuhan	16
3.4.3. Pengamatan Karakter Kuantitas Minyak.....	17
3.5. Analisis Data	18
3.5.1. Pendugaan Parameter Genetik	18
3.5.2. Pengolahan Data.....	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1. Hasil Penelitian	22
4.2. Pembahasan	37
V. SIMPULAN DAN SARAN	40
5.1. Simpulan.....	40
5.2. Saran.....	41
DAFTAR PUSTKA	42
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR TABEL

No	Teks	Halaman
1.	Kombinasi Perlakuan dan Ulangan Penanaman Material dura Angola	13
2.	Sidik Ragam dan Pendugaan Komponen Ragam.....	18
3.	Pendugaan Komponen Ragam.....	18
4.	Rekapitulasi analisis ragam komponen fenotipe dalam seleksi dura Angola.....	22
5.	Nilai Heritabilitas, Koefisien Keragaman Genetik dan Fenotipe dalam seleksi dura Angola terhadap parameter fenotipe	23
6.	Pengaruh perbedaan aksesi dalam seleksi dura Angola terhadap jumlah tandan, bobot tandan, dan rerata bobot tandan kelapa sawit	24
7.	Pengaruh perbedaan aksesi dalam seleksi dura Angola terhadap panjang rachis, luas area daun, pertambahan tinggi, dan produksi pelepah kelapa sawit	26
8.	Pengaruh perbedaan aksesi dalam seleksi dura Angola terhadap fruit to bunch, mesocarp to fruit, oil to wet mesocarp, oil to bunch, dan oil extraction rate kelapa sawit	28
9.	Korelasi Gasperz variabel fenotipe dalam seleksi dura Angola.....	32
10.	Peringkat seleksi individu dura Angola berdasarkan variabel fenotipe dengan heritabilitas tinggi	33
11.	Rata-rata Nilai Beberapa Karakter Hasil Pengamatan untuk Setiap Aksesi pada Setiap Ulangan	46
12.	Uji Normalitas terhadap Beberapa Karakter Hasil Pengamatan	52
13.	Analisis Ragam terhadap Beberapa Karakter Hasil Pengamatan	53

14. Nilai Kuadrat Tengah dari Beberapa Karakter Hasil Pengamatan	54
15. Hasil Pendugaan Parameter Genetik untuk Setiap Karakter Hasil Pengamatan	55
16. Hasil Uji Duncan terhadap Beberapa Karakter Hasil Pengamatan pada Setiap Aksesii	56

DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Halaman
1.	Kerangka Pemikiran Seleksi dura Angola	5
2.	Petak Penelitian	13
3.	Individu Terpilih pada Aksesori A074/20, A040/22, A040/12 dan A095/05.....	57
4.	Individu Terpilih pada Aksesori A041/26, A041/22, A075/08.....	58

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia memiliki peran strategis dalam industri kelapa sawit dunia sebagai produsen terbesar minyak sawit dan inti sawit. Produk ini menjadi komoditas unggulan karena kontribusinya yang signifikan terhadap perekonomian nasional, baik sebagai penyedia devisa maupun penyerapan tenaga kerja. Berdasarkan data dari Direktorat Statistik Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan (2025), luas areal perkebunan kelapa sawit nasional mencapai 16,01 juta hektar, yang terdiri atas 53,57% dikelola oleh perusahaan swasta, 42,94% oleh petani rakyat, dan 3,49% oleh perkebunan negara.

Untuk mempertahankan daya saing dan keberlanjutan produksi, dibutuhkan ketersediaan bahan tanam unggul dengan produktivitas tinggi dan kualitas minyak yang baik. Hal ini dapat dicapai melalui kegiatan pemuliaan yang terarah dan berbasis pada pemanfaatan keragaman genetik yang terdapat dalam plasma nutfah. Keanekaragaman genetik merupakan sumber penting dalam perakitan varietas unggul yang tahan terhadap berbagai tekanan lingkungan serta memiliki potensi hasil tinggi (Sayekti *et al.*, 2015).

Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, strategi intensifikasi melalui peningkatan hasil per satuan luas merupakan alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan perluasan lahan. Oleh karena itu, varietas kelapa sawit masa depan idealnya memiliki karakteristik pertumbuhan batang yang lambat, umur panen lebih awal, serta rendemen minyak yang tinggi (Maskromo *et al.*, 2017). Secara umum, tanaman kelapa sawit mulai menghasilkan tandan buah segar (TBS) pada umur 30–36 bulan setelah tanam dalam kondisi ideal, namun saat ini umur panen dapat dipercepat hingga sekitar 26 bulan. Faktor tingkat

kematangan buah juga sangat berpengaruh terhadap rendemen minyak, di mana data menunjukkan bahwa buah matang mampu menghasilkan *oil extraction rate* (OER) sebesar 24–30%, sehingga peningkatan rendemen dapat dicapai melalui pengelolaan panen yang tepat. Keberhasilan program pemuliaan pada akhirnya sangat bergantung pada ketersediaan dan kualitas materi genetik yang digunakan sebagai tetua dalam persilangan.

Tipe dura secara umum digunakan sebagai tetua betina dalam produksi benih komersial kelapa sawit, dengan pendekatan *Family and Individual Palm Selection* (FIPS) yang menekankan seleksi berdasarkan kinerja keturunan maupun individu terbaik dalam populasi. Karakter dengan nilai heritabilitas tinggi menjadi fokus utama karena mampu mendukung efektivitas seleksi pada tingkat individu (Tupaz-Vera *et al.*, 2021; 2023). Untuk menjamin mutu, produktivitas, dan keberlanjutan industri, Malaysia melalui SIRIM menetapkan Standar MS157 sebagai acuan dalam produksi benih hibrida DxP. Standar ini mensyaratkan kriteria minimum yang harus dipenuhi baik oleh induk Deli dura maupun progeninya, antara lain hasil tandan minimum 160 kg, kandungan minyak terhadap tandan (*oil to bunch*) sebesar 16%, hasil minyak per pohon 25,6 kg pada induk Deli dura, serta hasil progeni minimum 160 kg dengan *oil to bunch* 24% dan hasil minyak 38,4 kg per pohon. Standar ini juga menetapkan hasil kernel minimum 3% serta produktivitas minyak per hektar (136 pohon) sekurang-kurangnya 5,22ton, yang berfungsi menjaga konsistensi kualitas benih unggul untuk mendukung keberlanjutan industri kelapa sawit (Rajanaidu, *et al.*, 2013). Pertumbuhan vegetatif, khususnya karakter pelepah, menjadi faktor penting yang memengaruhi produktivitas tanaman. Tanaman dengan pelepah panjang cenderung saling menaungi pada populasi tinggi (>150 pohon/ha) ketika telah berumur lebih dari 13 tahun, sehingga menimbulkan etiolasi yang berdampak negatif terhadap produksi (Setiawan, 2017). Sebaliknya, progeni dengan pelepah pendek memungkinkan peningkatan populasi tanpa menyebabkan kompetisi cahaya berlebih. Karakter lain seperti luas permukaan daun dan *Leaf Area Index* (LAI) juga berpengaruh terhadap efisiensi penangkapan cahaya. Penelitian menunjukkan bahwa LAI meningkat seiring bertambahnya umur tanaman dan mencapai titik stabil setelah ± 10 tahun, dengan nilai 5,9–7,1 pada populasi 148

pohon/ha (Corley & Gray, 1976). Selain itu, panjang pelepah, panjang rachis, serta laju produksi pelepah turut menentukan kapasitas fotosintesis dan efisiensi pertumbuhan (Corley & Tinker, 2016; Breure, 2010; Pangaribuan *et al.*, 2019). Dengan demikian, pemahaman karakter vegetatif sangat penting dalam strategi pemuliaan dan manajemen budidaya.

Di sisi lain, faktor kualitas tandan juga menentukan produktivitas minyak. Okoye *et al.* (2016) menyatakan bahwa rasio buah per tandan serta rasio mesokarp dan kernel per buah merupakan indikator utama kandungan minyak. Perhitungan *oil extraction rate* (OER) diperoleh dari nilai *oil to bunch* dikalikan dengan konstanta 0,855. Nilai ini berkorelasi positif dengan persentase *oil to wet mesocarp* (OWM), *fruit to bunch* (FB), dan *mesocarp to fruit* (MF) dengan tingkat korelasi yang bervariasi, serta berkorelasi negatif dengan kadar air (*moisture content*, MC) (Mathews *et al.*, 2004). Basyuni *et al.* (2017) melaporkan bahwa pada tipe *tenera*, F/B mencapai $66,5\% \pm 0,2$, M/F $80,4\% \pm 3,5$, dan OWM $55,6\% \pm 1,3$. Tandan buah segar (TBS) baru panen memiliki kadar air rendah (0,24–0,33%), namun setelah tujuh hari penyimpanan kadar air meningkat hingga melebihi standar (maksimal 0,5%). Hal ini menunjukkan bahwa kualitas minyak sangat dipengaruhi oleh sifat buah serta lamanya penyimpanan.

Sejak 2010, PT Binasawit Makmur melalui Konsorsium Perusahaan Kelapa Sawit Nasional telah mengintroduksi plasma nutfah kelapa sawit dari Angola, yang merupakan salah satu pusat keanekaragaman alami spesies ini. *dura* asal Angola berpotensi memperluas basis genetik, memperkaya karakter yang belum dimiliki germplasm Asia Tenggara, serta memperkuat program pemuliaan jangka panjang dalam menghasilkan varietas unggul yang berdaya hasil tinggi, adaptif, dan berkelanjutan. Eksplorasi ini diharapkan mampu menghasilkan temuan karakter-karakter baru yang berpotensi digunakan dalam pemuliaan, seperti pertumbuhan batang yang melambat (<45 cm per tahun), produksi tandan tinggi (>200 kg/tanaman/tahun), dan rendemen minyak lebih dari 20%.

1.2. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

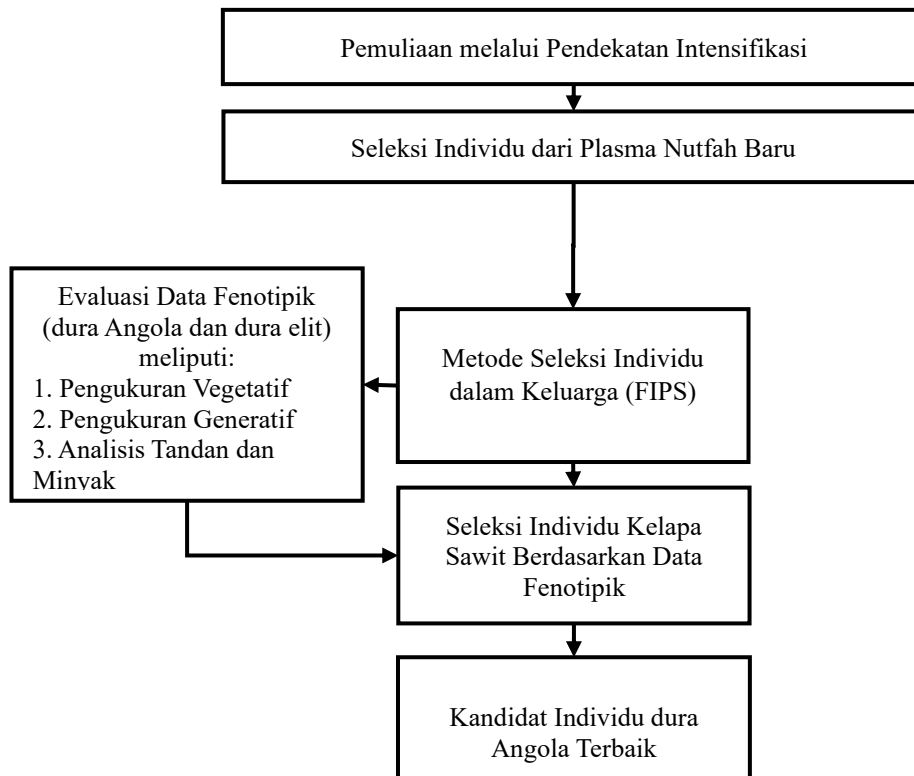
1. Mengidentifikasi genotipe-genotipe potensial dari populasi kelapa sawit tipe dura asal Angola berdasarkan analisis parameter genetik pada tingkat individu dan populasi.
2. Menyeleksi populasi-populasi unggul dari kelapa sawit tipe dura asal Angola berdasarkan analisis parameter fenotipe yang terukur pada tingkat individu dan populasi.

1.3. Kerangka Pemikiran

Peningkatan produktivitas kelapa sawit secara berkelanjutan menuntut ketersediaan varietas unggul yang mampu beradaptasi dengan lingkungan serta memiliki karakter agronomis yang diinginkan. Upaya tersebut dapat dilakukan melalui pendekatan intensifikasi, yaitu peningkatan hasil per satuan luas tanpa perluasan lahan. Salah satu strategi utama dalam pendekatan ini adalah pemuliaan tanaman yang memanfaatkan keragaman genetik dalam plasma nutfah sebagai sumber variasi sifat.

Pemuliaan kelapa sawit secara konvensional umumnya menggunakan pendekatan *Family and Individual Palm Selection* (FIPS), di mana seleksi dilakukan terhadap individu maupun keluarga pohon berdasarkan karakter fenotipik yang terukur. Dalam praktiknya, pemulia memilih tetua berdasarkan kinerja keturunannya, terutama untuk sifat-sifat yang memiliki nilai heritabilitas tinggi. Seleksi ini umumnya difokuskan pada individu tipe dura, yang lazim digunakan sebagai tetua betina dalam persilangan untuk menghasilkan varietas hibrida DxP (dura × pisifera).

Tahap akhir dari proses seleksi adalah kegiatan persilangan lanjutan yang bertujuan untuk mengevaluasi performa keturunan melalui persilangan intogresi dengan dura elit, persilangan *selfing*, serta pengujian keturunan DxP menggunakan pisifera elit guna mengevaluasi performa agronomis keturunan dan merakit tetua unggul untuk program pemuliaan selanjutnya.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran Seleksi Dura Angola

1.4. Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah disusun, hipotesis dalam penelitian ini adalah:

1. Terdapat keragaman parameter genetik yang signifikan pada tingkat individu dan populasi dalam populasi kelapa sawit tipe dura asal Angola, sehingga memungkinkan identifikasi genotipe-genotipe potensial untuk mendukung program pemuliaan.
2. Terdapat perbedaan parameter fenotipe yang signifikan pada tingkat individu dan populasi dalam populasi kelapa sawit tipe dura asal Angola, sehingga memungkinkan seleksi populasi-populasi unggul sebagai sumber genetik dalam pengembangan varietas kelapa sawit.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Asal Usul Tanaman Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) berasal dari Afrika Barat, tepatnya dari kawasan pesisir Guinea, yang juga menjadi inspirasi bagi penamaan spesies ini. Nama *Elaeis* sendiri berasal dari bahasa Yunani yang berarti “minyak” (Hartley, 1988). Di Indonesia, sejarah kelapa sawit dimulai sejak masa kolonial, saat empat benih kelapa sawit pertama kali diperkenalkan ke Kebun Raya Bogor pada tahun 1848 oleh Dr. D. T. Pryce. Benih tersebut terdiri dari dua benih asal Bourbon-Mauritius dan dua lainnya dari Amsterdam, yang merupakan tipe dura.

Setelah diperkenalkan, kelapa sawit ditanam secara uji coba di berbagai wilayah di Indonesia, termasuk Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, hingga Nusa Tenggara. Uji coba budidaya secara lebih intensif dimulai di daerah Deli oleh perusahaan perkebunan Belanda, Deli Maatschappij, pada tahun 1878. Hasilnya menunjukkan bahwa tanaman kelapa sawit di Indonesia memberikan produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan negara asalnya di Afrika Barat (Almeida *et al.*, 2016).

2.2. Taksonomi Tanaman Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit termasuk dalam famili *Arecaceae* (dulu disebut *Palmae*) dan ordo *Arecales*. Spesies yang umum dibudidayakan adalah *Elaeis guineensis* Jacq., yang berasal dari Afrika, serta *Elaeis oleifera*, spesies asli dari Amerika. Kedua spesies ini berada dalam genus *Elaeis* dan suku *Cocoseae*. Kelapa sawit memiliki genom diploid dengan jumlah kromosom $2n = 32$ dan ukuran genom sekitar 3,79 pikogram per inti sel (Billotte *et al.*, 2005). Tanaman *Elaeis guineensis* Jacq. dapat tumbuh hingga 15–18 m dengan panjang daun mencapai 8

m, dan dalam kondisi tertentu dapat hidup lebih dari dua abad (Corley & Tinker, 2016).

2.3. Morfologi Tanaman Kelapa Sawit

Kelapa sawit terdiri dari bagian vegetatif (akar, batang, dan daun) serta bagian generatif (bunga dan buah). Setiap bagian memiliki struktur dan fungsi spesifik yang mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman.

2.3.1. Akar

Kelapa sawit termasuk tumbuhan monokotil yang memiliki sistem akar serabut. Pada tahap awal pertumbuhan, akar primer berkembang dari radikula dan kemudian membentuk akar sekunder, tersier, hingga kuartern dengan diameter bervariasi dari 0,1 mm hingga 10 mm. Akar yang paling aktif menyerap hara dan air biasanya berada pada kedalaman 0–60 cm dan menyebar sejauh 2–3 m dari pangkal batang (Lubis & Agus, 2011).

2.3.2. Batang

Batang kelapa sawit tidak bercabang dan tidak memiliki kambium. Pertumbuhan batang terjadi secara vertikal, dan penambahan tinggi tanaman sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Umumnya, pertumbuhan batang berkisar antara 35 hingga 75 cm per tahun. Pertumbuhan yang lebih lambat dianggap lebih menguntungkan karena dapat memperpanjang umur produktif tanaman (Sunarko, 2007).

2.3.3. Daun

Daun kelapa sawit berbentuk majemuk menyirip dengan tulang daun sejajar. Setiap pelepah memiliki panjang sekitar 9 m dan terdiri dari 250–300 anak daun. Daun tersusun spiral mengelilingi batang. Pada fase pertumbuhan aktif, tanaman muda dapat membentuk 30–40 pelepah per tahun, sementara tanaman dewasa menghasilkan sekitar 20–25 pelepah. Daun yang lebih pendek memungkinkan kepadatan tanaman per hektar lebih tinggi, yang berdampak positif terhadap produksi (Lubis & Agus, 2011).

2.3.4. Bunga

Kelapa sawit merupakan tanaman *monoecious*, yang berarti menghasilkan bunga jantan dan betina secara terpisah dalam satu individu, namun pada tandan yang berbeda. Komposisi bunga jantan dan betina sangat dipengaruhi oleh faktor genetik serta kondisi lingkungan, khususnya ketersediaan air dan intensitas cahaya. Umumnya, bunga jantan lebih sering muncul pada musim kering atau saat tanaman mengalami stres, sedangkan bunga betina cenderung muncul pada musim hujan ketika tanaman dalam kondisi optimal (Caliman & Southworth, 1998).

Rasio antara bunga jantan dan betina berbeda antar tanaman, dan hanya satu tandan bunga yang terbentuk di ketiak setiap pelepah daun. Penyerbukan terjadi secara silang antar pohon karena waktu pembukaan bunga jantan (antesis) dan periode reseptif bunga betina tidak terjadi secara bersamaan (Nouy *et al.*, 1999; Corley & Tinker, 2016).

2.3.5. Buah

Buah kelapa sawit terdiri atas tiga lapisan: epikarp (kulit luar), mesokarp (lapisan berdaging tempat minyak utama disimpan), dan endokarp (lapisan keras pelindung biji). Minyak sawit komersial sebagian besar berasal dari mesokarp, dengan kandungan minyak antara 20–27%, sedangkan inti (biji) menghasilkan minyak inti sawit dalam jumlah lebih sedikit, sekitar 4–6% (Risza, 1994).

Dalam satu tandan, jumlah buah bisa mencapai lebih dari 2.000, dan waktu perkembangan dari penyerbukan hingga buah matang memakan waktu sekitar 6 bulan. Berdasarkan ketebalan cangkang buah, kelapa sawit dibedakan menjadi tiga tipe utama yaitu:

1. Tipe dura yaitu tipe yang memiliki cangkang tebal (2–8 mm), dengan proporsi mesokarp terhadap buah berkisar antara 35–65%. Rendemen minyaknya tergolong rendah, sekitar 17–18%. Namun, tipe ini sangat umum digunakan sebagai tetua betina dalam produksi benih (Hartley, 1988).
2. Tipe pisifera yaitu tipe yang tidak memiliki cangkang, dan digantikan oleh lapisan serat di sekitar inti. Tipe ini memiliki kandungan mesokarp dan

rendemen minyak yang sangat tinggi, tetapi sering mengalami kegagalan perkembangan tandan (aborsi), sehingga disebut juga sebagai betina steril (Hartley, 1988).

3. Tipe Tenera yaitu tipe yang merupakan hasil persilangan antara dura dan pisifera. Tipe ini memiliki cangkang sedang (0,4–4 mm), dengan mesokarp tinggi dan rendemen minyak yang lebih baik (22–24%), sehingga paling banyak dibudidayakan secara komersial (Hartley, 1988).

2.4. Syarat Tumbuh Tanaman Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit tumbuh optimal di daerah tropis yang berada pada kisaran 15° LU hingga 15° LS, dengan ketinggian antara 0–500 m di atas permukaan laut. Tanaman ini membutuhkan curah hujan tahunan sekitar 2.000–2.500 mm yang merata sepanjang tahun serta sinar matahari selama 5–7 jam per hari. Suhu ideal untuk pertumbuhannya adalah antara 29–30°C dengan kelembaban relatif berkisar 80–90% (Arsyad, 2012).

Kelapa sawit dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah, seperti podsolik, latosol, alluvial, maupun tanah gambut dan pasang surut, asalkan memiliki drainase yang baik dan solum yang dalam. Tanah yang subur dan gembur sangat mendukung penyerapan hara dan pertumbuhan akar. Namun, karena respons tanaman terhadap pemupukan sangat dipengaruhi oleh ketersediaan dan mobilitas unsur hara di tanah, manajemen pemupukan yang tepat menjadi penting untuk mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Lubis & Agus, 2011).

2.5. Pemuliaan Kelapa Sawit

Tujuan utama pemuliaan kelapa sawit meliputi peningkatan hasil minyak, pengendalian pertumbuhan tinggi tanaman, peningkatan kualitas minyak, ketahanan terhadap penyakit, serta efisiensi fisiologis tanaman dalam memanfaatkan sumber daya lingkungan. Di samping itu, identifikasi genotipe dengan stabilitas tinggi terhadap pengaruh lingkungan menjadi sasaran penting dalam program pemuliaan modern (Rajanaidu *et al.*, 2000).

Pemuliaan kelapa sawit di Indonesia telah berlangsung sejak era kolonial melalui lembaga penelitian AVROS (*Algemeene Vereniging van Rubber Planters ter Oostkust van Sumatra*), yang kini menjadi Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS). Salah satu tonggak penting adalah pengenalan plasma nutfah dari Afrika, seperti Yangambi dan Djongo/Eala di Kongo, sejak tahun 1914 hingga 1922. Material genetik dari tanaman SP540 serta dura Deli menjadi dasar dalam pembentukan varietas hibrida dura $\times$ pisifera (D $\times$ P) yang masih banyak digunakan hingga saat ini.

Berbagai metode telah digunakan dalam program pemuliaan, di antaranya *Reciprocal Recurrent Selection* (RRS), *Family and Individual Palm Selection* (FIPS), serta *Modified Recurrent Selection* (MRS). RRS bertujuan mengembangkan kelompok dura dan pisifera secara paralel untuk mendapatkan efek heterosis maksimal saat disilangkan. FIPS lebih menekankan pada seleksi individu dan keluarga berdasarkan performa fenotipik, sementara MRS yang banyak diadopsi di Malaysia melibatkan persilangan antara tetua dan keturunannya dalam beberapa siklus pemuliaan (Price *et al.*, 2007).

2.6. Populasi Dura Elit

Populasi Deli dura telah lama menjadi sumber genetik utama dalam program pemuliaan dan produksi benih kelapa sawit karena performa agronomisnya yang stabil. Akan tetapi, asal-usulnya yang terbatas hanya dari empat induk awal yang diperkenalkan di Kebun Raya Bogor menyebabkan basis genetiknya menjadi sangat sempit. Kondisi ini berdampak pada rendahnya keragaman genetik yang tersedia untuk pengembangan varietas baru. Fadila *et al.* (2024) menyatakan bahwa “*The oil palm Deli dura breeding population is the most widely used dura for breeding and seed production. Due to its narrow genetic base, with current material originating from the four initial dura palms of Bogor, the Deli dura is presumed to have low genetic diversity*” (hlm. 125). Oleh karena itu, diperlukan kajian mendalam terhadap parameter genetik dan struktur populasi untuk memastikan keberlanjutan sumber daya genetik, termasuk dalam pengembangan dura Angola. Di Indonesia, meskipun telah dilepas 68 varietas unggul oleh 19 produsen benih, sebagian besar masih berasal dari populasi Deli. Varietas tersebut

umumnya memiliki laju pertumbuhan vertikal batang yang tinggi, berkisar antara 50,5 hingga 70,1 cm per tahun, yang menyebabkan tanaman dapat mencapai tinggi 10–14 m pada umur 20 tahun. Tinggi tanaman yang berlebihan ini dianggap kurang efisien dalam jangka panjang, terutama dalam kaitannya dengan kemudahan panen dan keselamatan kerja (Setiawan, 2017).

PT Binasawit Makmur pernah menerima 225 lini dura dari ASD Costa Rica pada tahun 1992, hasil dari persilangan *selfing* dan *intraline*. Material ini ditanam pada tahun 1996, yang kemudian dipilih sebanyak 123 lini dari enam sumber utama yaitu dura Dami, Chemara, Harrison Crossfield, MARDI, Socfin, dan San Alejo. Sebanyak 73 dari 123 lini tersebut dipilih sebagai tetua dura elit dalam perakitan varietas unggul DxP Sriwijaya.

2.7. Populasi Dura Angola

Angola merupakan salah satu negara di Afrika yang menjadi pusat asal kelapa sawit, sehingga memiliki potensi besar sebagai sumber plasma nutfah baru. Pada tahun 2009–2010, Konsorsium Perusahaan Kelapa Sawit Nasional melakukan eksplorasi plasma nutfah di Kamerun dan Angola. Tujuan utama eksplorasi ini adalah memperluas basis genetik guna memperoleh sifat-sifat penting seperti adaptasi lingkungan ekstrem, pertumbuhan yang lambat, tangkai buah panjang, kadar beta-karoten tinggi, nilai iodin yang baik, dan ketahanan terhadap penyakit seperti Ganoderma (Sayekti *et al.*, 2015).

PT Binasawit Makmur menanam hasil eksplorasi tersebut pada tahun 2012, sebanyak 112 aksesori (2131 pohon) dari 127 aksesori yang berhasil dikoleksi. Dari jumlah tersebut, 87 aksesori merupakan tipe buah dura dan 25 aksesori bertipe tenera yang semuanya ditanam sebagai bagian dari koleksi plasma nutfah untuk penelitian dan pengembangan varietas unggul baru.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Mesuji, PT Aek Tarum, Blok 25B, Kecamatan Mesuji, Kabupaten Ogan Komering Ilir, Provinsi Sumatera Selatan. Lokasi penelitian memiliki tipe tanah dengan subgrup Plinthic Kandiudults dan Typic Kandiudults, yang termasuk dalam ordo Ultisol. Kegiatan evaluasi morfologi dan karakter agronomis dilakukan pada periode tahun 2016 hingga 2023.

3.2. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan tanaman yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas 1.029 pohon dura yang berasal dari plasma nutfah Angola dan ditanam pada tahun 2012. Peralatan lapangan yang digunakan antara lain parang/pisau, meteran, jangka sorong (*caliper*), penggaris, egrek, cat, kuas, alat tulis, formulir input data, dan *clipboard*. Untuk pengukuran komponen generatif, menggunakan tali pengukur, timbangan gantung, serta alat tulis dan formulir yang relevan.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Blok Tidak Lengkap Tidak Seimbang (*Unbalanced Incomplete Block Design/ UIBD*), yang melibatkan 43 perlakuan dan 3 ulangan. Setiap ulangan terdiri atas jumlah unit sampel yang tidak sama, sehingga total kombinasi unit sampel dalam penelitian ini sebanyak 1.029 pohon.

Analisis ragam terhadap rancangan ini dilakukan menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistics versi 26.0, dengan pendekatan *General Linear Model* (GLM). Model GLM digunakan untuk mengakomodasi variasi jumlah unit sampel

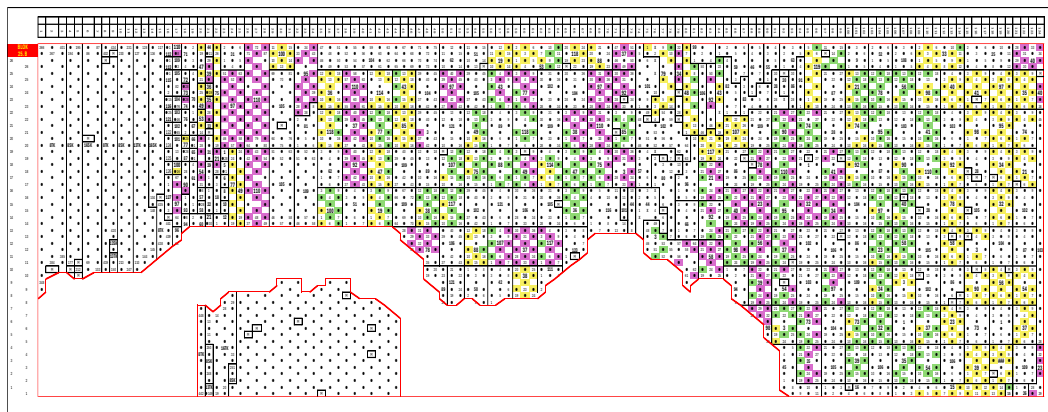
antar ulangan serta ketidakseimbangan data, sehingga memungkinkan estimasi parameter model yang valid dan efisien.

Model matematis dasar yang digunakan dalam GLM untuk rancangan ini secara umum dituliskan sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

di mana:

- Y_{ij} adalah nilai pengamatan dari perlakuan ke- i pada blok ke- j ,
- μ adalah rata-rata umum,
- τ_i adalah pengaruh perlakuan ke- i ,
- β_j adalah pengaruh blok ke- j ,
- ε_{ij} adalah galat acak yang diasumsikan berdistribusi normal dengan nilai harapan nol dan ragam homogen ($\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$) (Montgomery, 2017).



Gambar 2. Petak Penelitian

Tabel 1. Kombinasi Perlakuan dan Ulangan Penanaman Material dura Angola

No	Aksesi	Ulangan			Total Pohon
		1	2	3	
1	AGO0003	9	9	12	30
2	AGO0015	9	1		10
3	AGO0019	9	5		14
4	AGO0021	9	9	7	25
5	AGO0023	9	9	12	30
6	AGO0032	9	9	8	26
7	AGO0033	9	1		10
8	AGO0034	9	9	10	28

9	AGO0035	9	9	7	25
10	AGO0036	9	7		16
11	AGO0037	9	9	24	42
12	AGO0038	9	9	7	25
13	AGO0039	9	9	8	26
14	AGO0040	8	9	15	32
15	AGO0041	9	9	5	23
16	AGO0043	9	9	4	22
17	AGO0047	9	9	1	19
18	AGO0048	9	4		13
19	AGO0049	9	9	4	22
20	AGO0053	8	4		12
21	AGO0054	8	9	7	24
22	AGO0056	9	9	5	23
23	AGO0058	9	9	7	25
24	AGO0073	2	9	5	16
25	AGO0074	9	9	2	20
26	AGO0075	9	9	3	21
27	AGO0077	9	9	7	25
28	AGO0078	9	9	13	31
29	AGO0079	9	1		10
30	AGO0085	9	6		15
31	AGO0088	9	8		17
32	AGO0090	9	9	5	23
33	AGO0092	9	9	18	36
34	AGO0095	9	9	16	34
35	AGO0097	9	9	43	61
36	AGO0098	9	9	5	23
37	AGO0100	9	7		16
38	AGO0107	9	8	5	22
39	AGO0110	9	8	55	72
40	AGO0114	9	3		12
41	AGO0117	9	8	6	23
42	AGO0118	9	7		16
43	AGO0119	9	5		14
Grand Total		377	326	326	1029

3.4. Pelaksanaan penelitian

3.4.1. Pengamatan Karakter Produksi

Pengamatan variabel generatif dilakukan dengan menggunakan metodologi yang diusulkan oleh Corley dan Tinker (2016), yaitu dengan menghitung komponen

tandan buah segar (FFB), jumlah tandan (BN), dan bobot tandan rata-rata (ABW). Pengamatan dilakukan pada setiap individu di seluruh unit percobaan selama 4 hingga 5 rotasi panen per bulan, dan data dikumpulkan sejak tahun 2016 hingga 2023. Variabel-variabel tersebut dicatat sesuai dengan rumus yang diberikan sebagai berikut:

$$FFB \text{ (kg palm}^{-1}\text{yr}^{-1}) = \sum_{i=1}^n BWT_i$$

$$BN \text{ (bunches palm}^{-1}\text{yr}^{-1}) = \sum_{i=1}^n BN_i$$

$$ABW \text{ (kg)} = \frac{FFB}{BN}$$

Keterangan: n mewakili jumlah rotasi pemanenan dan BWT adalah total berat tandan (kg)

(Tupaz-Vera *et al.*, 2023)

Bobot Tandan Rata-rata (ABW) adalah rata-rata bobot tandan pada satu tanaman, yang dihitung dengan membagi total tandan buah segar (FFB) dengan jumlah tandan (BN) yang dihasilkan selama satu tahun. Total Tandan Buah Segar (FFB) dihitung dengan menimbang seluruh bobot tandan buah segar yang terlebih dahulu dipotong dari tangkai tandan hingga dekat dengan dasar buah pada setiap rotasi panen. Jumlah Tandan (BN) diukur dengan menghitung jumlah tandan yang dihasilkan selama satu tahun.

Produktivitas tanaman dipengaruhi oleh kombinasi faktor genetik dan lingkungan yang mendukung. Menurut Abdullah *et al.* (2011), produksi yang lebih tinggi dapat dihasilkan apabila tanaman memiliki potensi genetik yang baik dan didukung oleh kondisi lingkungan optimal, seperti tingkat kesuburan tanah, ketersediaan air yang mencukupi, serta penerapan pemupukan yang tepat. Selain faktor tersebut, karakter morfologi tanaman, seperti panjang rachis dan luas area daun, juga memainkan peran penting dalam mendukung produktivitas.

3.4.2. Pengamatan Karakter Pertumbuhan

Pengamatan dilakukan terhadap setiap individu di seluruh unit percobaan setiap tahun, dengan data yang dikumpulkan sejak tahun 2013 hingga 2023. Pengamatan variabel pertumbuhan vegetatif mengikuti metodologi yang diusulkan oleh Setiawan (2017), yaitu dengan menghitung pertambahan jumlah pelepah (*Front Production/FP*), panjang rachis (*Rachis Length/RL*), luas daun (*Leaf Area/LA*), dan pertambahan tinggi batang (*Height Increment/Hi+*). Pertambahan tinggi batang (*Hi+*) dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$Hi+ = \frac{T}{N-2}$$

Keterangan: T = tinggi batang mulai dari permukaan tanah hingga pelepah ke-41

N = umur tanaman

Sedangkan Luas daun (*leaf area/LA*) dihitung berdasarkan rumus:

$$LA = c * (n * lw)$$

Keterangan: c = faktor koreksi yang sedikit berbeda menurut umur pohon (0,51 hingga 0,57 untuk umur pohon kelapa sawit 1-2 hingga 8-11 tahun masing-masing); n = jumlah anak daun; lw = rata-rata panjang * lebar tengah dari tiga helai daun yang diambil sampelnya dari masing-masing sisi tulang rusuk (Breure & Verdooren, 1995)

Pertambahan jumlah pelepah per tahun yang diamati adalah selisih jumlah pelepah antara pelepah yang telah diberi penanda pada saat awal (daun yang diberi tanda pada tahun lalu) dan penanda pelepah berikutnya (daun yang diberi tanda pada saat pengamatan). Panjang rachis (*Rachis Length*) diukur dari ujung anak daun pada pelepah hingga duri yang terdapat pada pelepah tersebut.

Pengukuran panjang rachis dilakukan pada pelepah ke-17, karena pelepah ini dianggap tumbuh optimal dan menjadi bahan analisis kandungan hara daun.

Karakter laju pertambahan tinggi tanaman diukur dengan cara mengukur tinggi batang dari permukaan tanah hingga pelepah ke-41, kemudian membaginya dengan umur tanaman pada saat pengukuran dikurangi dengan 2 (N-2) (Setiawan,

2017). Luas daun dihitung dengan mengalikan faktor koreksi umur dengan jumlah anak daun, kemudian hasilnya dikalikan dengan nilai rata-rata panjang anak daun yang dikalikan dengan lebar anak daun.

Corley dan Tinker (2016) menjelaskan bahwa panjang rachis yang lebih besar berhubungan dengan peningkatan luas permukaan daun, yang secara langsung meningkatkan kemampuan tanaman dalam menangkap cahaya matahari untuk proses fotosintesis. Semakin efektif tanaman melakukan fotosintesis, semakin besar energi yang tersedia untuk pertumbuhan vegetatif dan generatif, termasuk pembentukan buah. Penelitian lebih lanjut oleh Apichatmetaa *et al.* (2017) menunjukkan bahwa luas area daun yang lebih besar berkontribusi pada efisiensi fotosintesis yang lebih tinggi, sehingga berimplikasi positif terhadap peningkatan produksi tandan buah segar. Oleh karena itu, dalam upaya meningkatkan hasil tanaman, baik faktor genetik, faktor lingkungan, maupun karakter morfologi seperti panjang rachis dan luas daun perlu dipertimbangkan secara integratif.

3.4.3. Pengamatan Karakter Kuantitas Minyak

Pengamatan terhadap setiap individu di seluruh unit percobaan dilakukan setiap tahun, dengan data dikumpulkan sejak tahun 2018 hingga 2023. Dari setiap individu, diambil minimal tiga tandan yang telah memenuhi kriteria matang panen, kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Pengamatan variabel analisis minyak yang diamati meliputi rasio buah terhadap tandan (*Fruit to Bunch/F/B*), rasio daging buah terhadap buah (*Mesocarp to Fruit/M/F*), rasio minyak terhadap daging buah basah (*Oil to Wet Mesocarp/OWM*), rasio minyak terhadap tandan (*Oil to Bunch/O/B*), dan rendemen minyak (*Oil Extraction Rate/OER*).

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Fruit to Bunch (F/B)} &= \frac{\text{Fruit weight}}{\text{Bunch weight}} \times 100\% \\
 \% \text{ Mesocarp to Fruit (M/F)} &= \frac{\text{Mesocarp weight}}{\text{Fruit weight}} \times 100\% \\
 \% \text{ Oil to Wet Mesocarp (OWM)} &= \text{Oil to Dry Mesocarp} \times \frac{100\% - \text{Moisture Content}}{100\%} \\
 \% \text{ Oil to Bunch (O/B)} &= \frac{\% \text{ Fruit to Bunch}}{100} \times \frac{\% \text{ Mesocarp to Fruit}}{100} \times \frac{\% \text{ Oil to Wet Mesocarp}}{100} \times 100\% \\
 \% \text{ Oil Extraction Rate (OER)} &= \% \text{ Oil to Bunch} \times 0,855
 \end{aligned}$$

(Corley, 2018)

Komponen hasil minyak seperti *Fruit to Bunch* (F/B), *Mesocarp to Fruit* (M/F), *Oil to Wet Mesocarp* (OWM), *Oil to Bunch* (O/B), dan *Oil Extraction Rate* (OER) merupakan faktor utama yang menentukan produktivitas minyak pada tanaman kelapa sawit. Corley dan Tinker (2016) menyatakan bahwa peningkatan nilai pada karakter-karakter ini sangat penting dalam upaya memaksimalkan produksi minyak per tanaman, sehingga menjadi fokus utama dalam strategi pemuliaan. Sementara itu, menurut Tupaz-Vera *et al.* (2023), tingginya variasi genetik pada komponen hasil membuka peluang besar bagi program seleksi genetik untuk memperoleh genotipe unggul. Seleksi berbasis karakter hasil ini diharapkan dapat mempercepat perakitan varietas kelapa sawit berproduktivitas tinggi dan adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan, mendukung intensifikasi produksi secara berkelanjutan.

3.5. Analisis Data

3.5.1. Pendugaan Parameter Genetik

Pendugaan parameter genetik yang meliputi nilai ragam genetik, ragam fenotipe, heritabilitas, koefisien keragaman genetik (KKG), serta nilai korelasi fenotipe dan genotipe, memberikan informasi penting dalam upaya perbaikan karakter tanaman melalui seleksi. Tabel Sidik Ragam Pendugaan Komponen Ragam disajikan untuk menggambarkan sumber-sumber keragaman, derajat bebas, jumlah kuadrat, kuadrat tengah, serta komponen ragam yang terdiri atas ragam lingkungan, ragam genetik, dan ragam fenotipe, yang digunakan dalam perhitungan.

Tabel 2. Sidik Ragam dan Pendugaan Komponen Ragam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Komponen Ragam (σ^2)	Keterangan
Antar Genotipe (Populasi dura Angola)	$g - 1$	JK _p	$KT_p = JK_p / (g - 1)$	$\sigma_p^2 = \text{Ragam Fenotipe}$	Variasi total antar genotipe (fenotipe)
Lingkungan / Ulangan	$r - 1$	JK _e	$KT_e = JK_e / (r - 1)$	$\sigma_e^2 = (\sigma_{P1}^2 + \sigma_{P2}^2) / 2$	Rata-rata ragam dari dua populasi pembanding (lingkungan)
Galat / Error	$(g - 1)(r - 1)$	JK _{galat}	$KT_{galat} = JK_{galat} / [(g - 1)(r - 1)]$	-	Variasi acak
Total	$gr - 1$	JK _{total}	-	-	-

Tabel 3. Pendugaan Komponen Ragam

Komponen	Rumus	Keterangan
Ragam Lingkungan	$\sigma_e^2 = (\sigma P1^2 + \sigma P2^2) / 2$	Rata-rata dari dua populasi pembandingan
Ragam Fenotipe	$\sigma_p^2 = \text{Ragam Populasi dura Angola}$	Diperoleh dari sidik ragam populasi
Ragam Genetik	$\sigma_g^2 = \sigma_p^2 - \sigma_e^2$	Selisih antara ragam fenotipe dan lingkungan

Setelah komponen ragam didapat, nilai heritabilitas dihitung dengan rumus:

$$h^2_{bs} = \sigma_g^2 / \sigma_p^2$$

Keterangan: h^2_{bs} = heritabilitas arti luas, σ_g^2 = ragam genetik, σ_p^2 = ragam fenotipe.

Menurut Johnson *et al.*, (1955), estimasi heritabilitas secara umum memberikan gambaran tentang seberapa besar proporsi variasi fenotipik yang dikendalikan oleh faktor genetik, sehingga dapat digunakan sebagai pedoman dalam seleksi. Secara umum, heritabilitas dikategorikan tinggi jika $h^2 > 60\%$, sedang jika $30\% \leq h^2 \leq 60\%$, dan rendah jika $h^2 < 30\%$.

Poehlman dan Sleper (1996) menyatakan bahwa heritabilitas adalah salah satu parameter genetik yang penting dalam program pemuliaan tanaman, karena memberikan gambaran tentang sejauh mana sifat-sifat yang diamati dapat diwariskan dari satu generasi ke generasi berikutnya. Pemahaman terhadap nilai heritabilitas memungkinkan pemulia untuk menentukan strategi seleksi yang paling tepat dalam meningkatkan karakter agronomis tertentu. Selain itu, informasi mengenai heritabilitas juga berguna untuk memprediksi seberapa besar kemajuan seleksi yang dapat dicapai dalam satu siklus perbaikan tanaman. Karakter dengan nilai heritabilitas tinggi menunjukkan bahwa variasi yang diamati lebih banyak disebabkan oleh faktor genetik daripada faktor lingkungan, sehingga seleksi terhadap karakter tersebut cenderung lebih efektif. Sebaliknya, karakter dengan heritabilitas rendah memerlukan pendekatan seleksi yang lebih hati-hati dan biasanya membutuhkan evaluasi di lingkungan yang lebih beragam untuk mendapatkan hasil seleksi yang stabil.

Pendapat serupa juga dikemukakan oleh Putri *et al.* (2009), yang menekankan bahwa pendugaan heritabilitas sangat berguna dalam merancang metode seleksi yang efisien, khususnya untuk meningkatkan sifat-sifat agronomi yang bernilai ekonomi tinggi, seperti hasil, ukuran biji, atau daya tahan terhadap cekaman

lingkungan. Dengan mengetahui heritabilitas suatu sifat, pemulia dapat memperkirakan potensi kemajuan genetik yang mungkin dicapai, sehingga dapat mempercepat proses pengembangan varietas unggul. Oleh karena itu, heritabilitas menjadi salah satu aspek kunci yang selalu diperhatikan dalam setiap tahapan pemuliaan tanaman.

Koefisien Keragaman Genetik (KKG) merupakan parameter penting dalam pemuliaan tanaman untuk menilai tingkat keragaman genetik suatu karakter. Nilai KKG dihitung menggunakan rumus:

$$KKG = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{x}} \times 100\%$$

di mana σ_g^2 adalah ragam genetik dan $\bar{x}$ adalah rata-rata umum populasi

Menurut Jhonson *et al.* (1955), nilai KKG dapat dikategorikan sebagai berikut:

- Rendah: 0 – 10%
- Sedang: 10 – 20%
- Tinggi : >20%

Kategori ini membantu menentukan peluang keberhasilan seleksi, di mana keragaman genetik yang luas menunjukkan potensi seleksi yang lebih besar terhadap sifat-sifat unggul yang diinginkan. Selain itu, untuk memahami hubungan antar karakter agronomi, analisis korelasi digunakan guna mengetahui keterkaitan antara dua variabel. Gaspersz (1992) menyatakan bahwa hubungan antar karakter tersebut dapat dihitung menggunakan rumus koefisien korelasi Pearson, sebagai berikut:

$$r_{xy} = \frac{n\sum x_1y_1 - (\sum x_1)(\sum y_1)}{\sqrt{[n\sum x_1^2 - (\sum x_1)^2][n\sum y_1^2 - (\sum y_1)^2]}}$$

Keterangan: r_{xy} = koefisien korelasi antara karakter agronomi, n = banyaknya perlakuan; x_1 = karakter vegetatif; y_1 = karakter produksi-1.

Analisis hubungan antar karakter agronomis merupakan langkah penting dalam menentukan arah seleksi pada populasi dura Angola. Hubungan genetik yang kuat antara karakter-karakter seperti jumlah tandan (*Bunch Number*/BN), hasil tandan buah segar (*Fresh Fruit Bunch*/FFB), dan hasil minyak (*Oil Yield*/OY) dapat

menjadi indikator utama dalam pemilihan individu unggul. Ketika karakter-karakter tersebut saling berkorelasi positif dan signifikan, pemulia dapat melakukan seleksi tidak hanya berdasarkan satu karakter saja, tetapi juga mengandalkan karakter lain yang lebih mudah diukur sebagai indikator tidak langsung. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Bakar *et al.* (2022), ditemukan bahwa FFB memiliki korelasi positif yang tinggi dengan BN dan OY, menunjukkan adanya hubungan genetik yang erat di antara ketiga karakter tersebut. Temuan ini menegaskan bahwa peningkatan jumlah tandan dapat berkontribusi langsung terhadap peningkatan hasil buah dan hasil minyak per pohon, yang pada akhirnya mendukung efisiensi seleksi berbasis fenotipe yang dapat divalidasi lebih lanjut melalui pendekatan molekuler dan analisis struktur populasi.

3.5.2. Pengolahan Data

Prosedur pengamatan setiap karakter dilakukan sesuai dengan panduan *Descriptors for Oil Palm* yang diterbitkan oleh IBPGR (*International Board for Plant Genetic Resources*, 1989). Penghitungan variabel-variabel yang diamati dianalisis menggunakan program IBM SPSS Statistics versi 26.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut

1. Analisis parameter genetik pada tingkat individu dan populasi menunjukkan adanya keragaman genetik yang signifikan dalam populasi kelapa sawit tipe dura asal Angola. Hal ini tercermin dari perbedaan yang sangat nyata pada berbagai karakter agronomis utama serta tingginya estimasi nilai heritabilitas ($h^2 > 0,60$) pada sejumlah karakter penting, antara lain jumlah tandan, rata-rata bobot tandan, panjang rachis, pertambahan tinggi batang, rasio mesokarp terhadap buah (M/F), rasio minyak terhadap tandan (O/B), dan rendemen minyak (OER). Berdasarkan hasil scoring, teridentifikasi tujuh aksesori yang menunjukkan irisan terbanyak pada berbagai variabel seleksi, yaitu A074/20, A040/22, A040/12, A041/26, A041/22, A075/08, dan A095/05. Genotipe-genotipe ini direkomendasikan sebagai tetua potensial dalam pengembangan varietas unggul kelapa sawit berbasis sumber daya genetik Angola.
2. Analisis parameter fenotipik pada tingkat individu dan populasi mengungkapkan adanya perbedaan yang signifikan baik antar populasi maupun antar individu dalam populasi dura Angola, sebagaimana dibuktikan melalui hasil analisis ragam dan analisis korelasi antar karakter. Ditemukan korelasi positif yang kuat antara rasio mesokarp terhadap buah (M/F) dan rasio minyak terhadap tandan (O/B) ($r = 0,80^{**}$), serta korelasi negatif yang signifikan antara jumlah tandan dan rata-rata bobot tandan ($r = -0,75^{**}$), yang mengindikasikan adanya adanya kompromi fisiologis dalam ekspresi karakter produksi yang perlu dipertimbangkan dalam strategi seleksi multi-karakter. Konsistensi performa tinggi yang ditunjukkan oleh aksesori unggul seperti A074, A040, A041, A075, dan A095 menegaskan bahwa populasi asal

3. akses tersebut memiliki nilai seleksi yang tinggi dan berpotensi sebagai sumber genetik dalam program pemuliaan jangka Panjang

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar individu-individu dura terpilih dikembangkan lebih lanjut melalui persilangan introgresi dengan dura elit guna meningkatkan keragaman genetik, serta melalui persilangan selfing untuk mengevaluasi kemurnian dan kestabilan sifat unggul. Selain itu, perlu dilakukan pengujian keturunan DxP dengan pisifera elit untuk menilai performa agronomis hasil keturunan. Pendekatan ini bertujuan untuk merakit tetua unggul yang memiliki produktivitas tinggi dan adaptasi luas, serta mendukung kelanjutan program pemuliaan kelapa sawit secara lebih terarah dan efisien.

Selanjutnya, untuk meningkatkan efektivitas strategi pemuliaan tersebut, direkomendasikan penerapan pendekatan genomik lanjutan, seperti SNP genotyping dan genomic selection. Pendekatan genomik ini dapat meningkatkan presisi seleksi serta mempercepat siklus pemuliaan, melalui identifikasi dan pemanfaatan kemiripan genetik yang tinggi antara dura elit dan dura asal Angola. Integrasi antara pendekatan konvensional dan genomik diharapkan mampu mempercepat pengembangan varietas unggul kelapa sawit yang memiliki daya hasil tinggi, adaptasi luas, dan keberlanjutan jangka panjang.

DAFTAR PUSTKA

- Abdullah, S. N. A., Hassan, G., Juraimi, A. S., & Saud, H. M. (2011). Growth, photosynthesis and yield of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedlings in response to salinity. *African Journal of Biotechnology*, 10(65), 14572–14578.
- Almeida, C. S. de, Miccoli, L. S., Andhini, N. F., Aranha, S., Oliveira, L. C. de, Bachman, L., Chick, K., Curtis, D., Peirce, B. N., Askey, D., Rubin, J., Egnatoff, D. W. J., Uhl Chamot, A., El-Dinary, P. B., Scott, J., Marshall, G., & Prensky, M. (2016). [Multiple articles on applied linguistics]. *Revista Brasileira de Linguística Aplicada*, 5(1), 1689–1699. Retrieved from <https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/article/download/1659/1508>
- Apichatmetaa, S., & Sdoodee, S. (2017). Effect of leaf area on photosynthesis and oil palm yield (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Southern Thailand. *Journal of Agricultural Research and Extension*, 34(1), 43–54.
- Arsyad, S. (2012). *Konservasi tanah dan air* (Edisi Kedua). Bogor: IPB Press.
- Basyuni, M., Wati, R., Baba, S., Oku, H., & Putri, L. A. P. (2017). Phylogenetic relationships and oil yield potential of oil palm (*Elaeis guineensis*) and its related species. *Biodiversitas*, 18(1), 46–54. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d180107>
- Bakar, N. A., Malike, F. A., Amiruddin, M. D., & Abdullah, M. O. (2022). *Genetic variability and performance of MPOB-Nigeria Dura × AVROS Pisifera planting materials*. *International Journal of Oil Palm*, 5(1), 26–38. <https://doi.org/10.35876/ijop.v5i1.76>
- Billotte, N., Marseillac, N., Risterucci, A. M., Adon, B., Brottier, P., Baurens, F. C., Singh, R., Herrán, A., Asmady, H., Billot, C., Amblard, P., Durand-Gasselin, T., Courtois, B., Asmono, D., Cheah, S. C., Rohde, W., Ritter, E., & Charrier, A. (2005). Microsatellite-based high density linkage map in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Theoretical and Applied Genetics*, 110(4), 754–765. <https://doi.org/10.1007/s00122-004-1901-8>
- Breure, C. J., & Verdooren, L. R. (1995). Guidelines for testing and selecting parent palms in oil palm: Practical aspects and statistical methods. *ASD Oil Palm Papers*, 9(9), 1–68.
- Breure, C. J. (2010). Rate of leaf production in oil palm. *Experimental Agriculture*, 46(2), 163–184. <https://doi.org/10.1017/S0014479709990985>

- Caliman, J. P., & Southworth, A. (1998). Effect of drought and haze. In Campbell, L. G., Luo, K., & Mercer, K. L. (2012). Effect of water availability and genetic diversity on flowering phenology, synchrony and reproductive investment in summer squash. *Journal of Agricultural Science*, 151, 775–786.
- Corley, R. H. V. (2018). Studies of bunch analysis 2: Bunch sampling to estimate oil yield. *Journal of Oil Palm Research*, 30(2), 206–218.
<https://doi.org/10.21894/jopr.2018.0019>
- Corley, R. H. V., & Gray, B. S. (1976). Productivity of the oil palm and its components. *Oleagineux*, 31(12), 595–606.
- Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (2016). *The oil palm* (5th ed.). Chichester, UK: Wiley Blackwell.
- Direktorat Statistik Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan. (2025). *Statistik Perkebunan Indonesia 2024*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Fadila, A. M., Marhalil, M., Zulkifli, Y., Shamsudin, N. A. A., & Oyebamiji, Y. O. (2024). Genetic variability of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Deli dura inter-crosses population in the MPOB Research Station Hulu Paka, Terengganu, Malaysia. *Malaysian Applied Biology*, 53(2), 125–133.
<https://doi.org/10.55230/mabjournal.v53i2.2975>
- Gaspersz, V. (1992). *Teknik analisis dalam penelitian percobaan* (Ed. 1). Bandung: Tarsito.
- Hartley, C. W. S. (1988). *The oil palm (Elaeis guineensis Jacq.)* (3rd ed.). London, UK: Longman, Tropical Agriculture Series.
- IBPGR-International Board for Plant Genetic Resources. (1989). *Descriptors for oil palm*. Rome: IBPGR Secretariat.
- Johnson, H. W., Robinson, H. F., & Comstock, R. E. (1955). Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. *Agronomy Journal*, 47(7), 314–318.
- Lubis, I., & Agus, C. (2011). *Perkembangan teknologi kelapa sawit di Indonesia*. Medan: PPKS.
- Maskromo, I., Natawijaya, A., Syafaruddin, S., Djufri, F., & Syakir, M. (2017). Variabilitas genetik plasma nutfah kelapa sawit asal Angola dan seleksi genotipe berbasis famili dan individu untuk pembentukan breeding population baru. *Buletin Palma*, 18(1), 43–51.
<https://doi.org/10.21082/bp.v18n1.2017.43-51>
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments* (9th ed.). John Wiley & Sons.
- Nouy, B. L., Baudouin, N., Djegui, H., & Omore, A. (1999). Oil palm under limiting water supply conditions. *Plant Recherche et Développement*, 6, 31–45.
- Okoye, M. N., Uguru, M. I., & Okwuagwu, C. O. (2016). Genetic variability and heritability of fresh fruit bunch yield components in oil palm (*Elaeis*

- guineensis* Jacq.). *African Journal of Biotechnology*, 15(2), 25–33.
<https://doi.org/10.5897/AJB2015.15012>
- Pangaribuan, D., Santoso, H., & Supriadi. (2019). Morphological characterization and leaf production rate of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) at immature stage. *Journal of Agricultural Science*, 41(2), 101–109.
- Poehlman, J. M., & Sleper, D. A. (1996). *Breeding field crops* (4th ed.). Ames, IA: Iowa State University Press.
- Price, N. S., Rajanaidu, N., & Jalani, B. S. (2007). Oil palm breeding and seed production. In Jalani, B. S., et al. (Eds.), *Advances in Oil Palm Research* (Vol. 2, pp. 1391–1443). Kuala Lumpur: MPOB.
- Putri, R. E., Puspitasari, R., & Dewi, I. S. (2009). Pendugaan heritabilitas beberapa karakter agronomi tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *Buletin Agrohorti*, 7(2), 119–126.
- Rajanaidu, N., Kushairi, A., & Jalani, B. S. (2000). Breeding goals and potential genetic yield in oil palm. *The Planter*, 76(890), 273–285.
- Rajanaidu, N., Ainul, M. M., Kushairi, A., and Din, A. 2013. Historical Review of Oil Palm Breeding for the Past 50 Years-Malaysian Journey. *Proceedings of the international seminar on oil palm breeding—yesterday, today and tomorrow, Kuala Lumpur, Malaysia*. 11–28
- Risza, M. (1994). *Teknologi pengolahan kelapa sawit*. Jakarta: UI Press.
- Sayekti, U., Widyastuti, U., & Toruan-Mathius, N. (2015). Keragaman genetik kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) asal Angola menggunakan marka SSR. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 43(2), 140–147.
<https://doi.org/10.24831/jai.v43i2.10420>
- Setiawan, K. (2017). *Pemuliaan kelapa sawit*. Yogyakarta: Plantaxia.
- Smith, D. G., Kanthaswamy, S., Viary, J., & Cody, L. (2000). Additional highly polymorphic microsatellite (STR) loci for estimating kinship in rhesus macaques (*Macaca mulatta*). *American Journal of Primatology*, 50, 1–7.
- Sunarko. (2007). *Budidaya Kelapa Sawit*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Tupaz-Vera, A., Ayala-Diaz, I., Barrera, C. F., & Romero, H. M. (2021). Selection of elite dura-type parents to produce dwarf progenies of *Elaeis guineensis* using genetic analysis.
- Tupaz-Vera, A., Ayala-Diaz, I., Barrera, C. F., and Romero, H. M, 2023, Genetic gains for obtaining improved progenies of oil palm in Colombia, *Euphytica*, 219(3): 1–12, <https://doi.org/10.1007/s10681-022-03137>.