JURNAL LOCUS: Penelitian & Pengabdian
Volume 5 No. 9 September 2026,
E-ISSN 2829-7334
DOI: 10.58344/locus.v5i9.6351

Perbedaan Pertumbuhan Varietas Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis Jacq*.)

Catur Prayoga*, Filli Pratama, Merynda Indriyani Syafutri
Universitas Sriwijaya, Indonesia
Email: prayogacatur89@gmail.com*

Keywords:
Oil Palm; Fruit Morphology; Growth Performance; PPKS; Superior Varieties

This is an open access article under the CC BY-SA license.

Copyright © 2026 by Author. Published by Riviera Publishing

Abstract

The productivity of oil palm (Elaeis guineensis Jacq.) is largely determined by the genetic superiority and physical quality of its fruit components. Selecting the right variety is crucial in efforts to increase productivity and efficiency of palm oil production sustainably. This study aims to evaluate and analyze the differences in morphological growth and physical characteristics among four superior commercial oil palm varieties produced by the Indonesian Palm Oil Research Center (PPKS), namely Simalungun, PPKS 718, Avros, and Langkat, with a non-variety group as a control. A quantitative descriptive approach was used to observe three main physical parameters, namely sample weight, fruit diameter, and fruit length, which play an important role in determining the quality and yield of the resulting oil. The results showed a significant contrast in the diversity of physical dimensions among the tested groups under strong genetic control. The PPKS 718 variety showed the most dominant physical performance with the highest average sample weight of 22.00 kg and the longest fruit dimension reaching 3.75 cm, indicating superior metabolic efficiency in assimilates accumulation. In contrast, the Simalungun and Langkat varieties exhibited more compact fruit characteristics, weighing 9.00 kg and 9.60 kg, respectively. Meanwhile, the non-variety group exhibited a relatively high weight, at 14.80 kg, which can be agronomically misleading because it correlates with a thick shell structure, not high oil content. Therefore, productivity assessment cannot be based solely on weight. Therefore, the use of certified superior varieties ensures uniform and predictable fruit morphology, which serves as a vital reference parameter for optimizing post-harvest oil extraction efficiency in palm oil processing mills.

Kata Kunci:
Kelapa Sawit; Morfologi Buah, Performa Pertumbuhan; PPKS; Varietas Unggul.

Abstrak

Produktivitas kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.)* sangat ditentukan oleh keunggulan genetik dan kualitas fisik komponen buahnya. Pemilihan varietas yang tepat menjadi faktor krusial dalam upaya peningkatan produktivitas dan efisiensi produksi minyak sawit secara berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi serta menganalisis perbedaan pertumbuhan morfologi dan karakteristik fisik di antara empat varietas unggul komersial kelapa sawit produksi Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), yaitu Simalungun, PPKS 718, Avros, dan Langkat, dengan kelompok non varietas sebagai kontrol. Pendekatan deskriptif kuantitatif digunakan untuk mengamati tiga parameter fisik utama, yaitu berat sampel, diameter buah, dan panjang buah, yang berperan penting dalam menentukan kualitas dan rendemen minyak yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan adanya kontras yang cukup nyata pada keragaman dimensi fisik di antara kelompok

yang diuji di bawah kendali genetik yang kuat. Varietas PPKS 718 menunjukkan performa fisik paling dominan dengan mencatatkan rata-rata berat sampel tertinggi sebesar 22,00 kg dan dimensi buah terpanjang mencapai 3,75 cm, yang mengindikasikan efisiensi metabolisme unggul dalam akumulasi asimilat. Sebaliknya, varietas Simalungun dan Langkat menunjukkan karakteristik buah yang lebih kompak dengan bobot masing-masing sebesar 9,00 kg dan 9,60 kg. Sementara itu, kelompok non varietas menunjukkan bobot yang cukup tinggi, yaitu 14,80 kg, yang secara agronomis dapat menyesatkan karena berkorelasi dengan struktur cangkang yang tebal, bukan kandungan minyak yang tinggi, sehingga penilaian produktivitas tidak dapat hanya didasarkan pada bobot semata. Dengan demikian, penggunaan varietas unggul bersertifikat memberikan kepastian morfologi buah yang seragam dan terprediksi, yang berfungsi sebagai parameter acuan vital untuk mengoptimalkan efisiensi ekstraksi minyak pasca panen di pabrik pengolahan kelapa sawit.

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas perkebunan strategis yang berperan vital dalam pemenuhan kebutuhan minyak nabati global serta mendukung perekonomian di berbagai negara berkembang. Tanaman ini menyumbang hampir 39 persen kebutuhan minyak nabati dunia dengan hanya memanfaatkan sekitar 6,6 persen total lahan pertanian global . Tingginya permintaan terhadap produk berbasis kelapa sawit mendorong peningkatan produktivitas yang tidak hanya bergantung pada perluasan areal, tetapi juga pada optimalisasi potensi genetik tanaman yang telah dibudidayakan. Dalam konteks keterbatasan lahan produktif serta tantangan perubahan iklim, penggunaan bahan tanam berkualitas menjadi faktor krusial dalam mempertahankan kontinuitas dan efisiensi produksi. Oleh karena itu, pemilihan varietas unggul dengan karakter agronomi yang sesuai menjadi fondasi penting dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit yang berkelanjutan (Alsabah & Yenni, 2021).

Penggunaan varietas unggul berkaitan erat dengan potensi genetik tanaman dalam menghasilkan pertumbuhan dan komponen produksi yang lebih terukur. Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) sebagai lembaga pemuliaan nasional telah menghasilkan berbagai varietas komersial, antara lain Simalungun, PPKS 718, Avros, dan Langkat, yang kini menjadi pilihan utama bagi perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Setiap varietas memiliki latar belakang genetik dan silsilah tetua yang berbeda sehingga menunjukkan karakter pertumbuhan serta ekspresi fenotipik yang beragam . Perbedaan genetik ini memengaruhi efisiensi fisiologis tanaman, adaptasi terhadap lingkungan, pembentukan tandan, hingga karakteristik morfologi buah. Penelitian sebelumnya mencatat bahwa delapan varietas PPKS menunjukkan perbedaan dalam durasi fase perkembangan tandan, di mana varietas DxP PPKS 718 memerlukan jumlah *thermal unit* tertinggi (6.164 °C hari) sebelum tandan siap panen . Keragaman genetik ini menjadi salah satu dasar penting dalam menentukan kesesuaian bahan tanam untuk mendukung tujuan produksi tertentu.

Secara biologis, ekspresi karakter genetik pada tanaman dapat diamati melalui berbagai sifat fenotipik, termasuk karakteristik fisik buah. Parameter seperti bobot, diameter, dan panjang buah digunakan untuk menggambarkan keragaman morfologi antarkelompok tanaman. Variasi sifat tersebut berkaitan dengan proses pembelahan dan perkembangan sel selama fase generatif yang berada di bawah kendali genetik. Penelitian oleh (Rahmawati, 2023)

menjelaskan bahwa keragaman genetik kelapa sawit berkontribusi terhadap munculnya variasi sifat morfologis pada tanaman. Selain itu, studi karakterisasi plasma nutfah asal Kamerun menunjukkan variasi signifikan pada karakter morfologi seperti tinggi batang, lingkar batang, panjang pelepah, dan berat tandan, yang mencerminkan keanekaragaman genetik yang dapat dimanfaatkan dalam program pemuliaan . Dengan demikian, perbedaan ukuran dan bentuk buah antar varietas tidak hanya menjadi karakter visual, tetapi juga merepresentasikan respons fisiologis dan potensi genetik masing-masing varietas.

Karakteristik fisik buah memiliki relevansi langsung terhadap aspek produksi dan pengolahan kelapa sawit. Perbedaan bobot, diameter, panjang buah, struktur cangkang, dan ketebalan mesokarp berhubungan dengan proporsi komponen buah yang berkontribusi terhadap rendemen minyak. Tanaman kelapa sawit secara genetik dibedakan menjadi tiga tipe buah berdasarkan ketebalan cangkang—Dura (cangkang tebal), Pisifera (tanpa cangkang), dan Tenera (cangkang tipis)—yang dikendalikan oleh gen SHELL yang bersifat kodominan. Tipe Tenera hasil persilangan Dura × Pisifera merupakan varietas standar komersial karena kandungan minyak pada mesokarpnya 30 persen lebih besar dibandingkan tipe Dura. Pada varietas komersial, proses pemuliaan diarahkan untuk memperoleh kombinasi karakter yang mendukung peningkatan produktivitas dan kualitas komponen tandan. Penelitian terkini bahkan menunjukkan bahwa pendekatan bioteknologi seperti CRISPR/Cas9 mulai dikembangkan untuk meningkatkan kandungan asam oleat pada kelapa sawit guna memperbaiki kualitas nutrisi dan stabilitas minyak .

Namun demikian, bobot buah yang lebih tinggi tidak selalu dapat diinterpretasikan secara langsung sebagai indikator produktivitas minyak yang unggul. Struktur anatomi buah merupakan faktor penentu karena setiap tipe kelapa sawit memiliki proporsi cangkang dan mesokarp yang berbeda. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Shaari et al., 2023) yang menunjukkan perbedaan karakter kandungan minyak antara tipe Dura dan Tenera, di mana struktur buah berpengaruh terhadap bagian yang berkontribusi terhadap akumulasi minyak. Kelompok tanaman non-varietas yang memiliki bobot relatif tinggi belum tentu memiliki keunggulan yang sama dengan varietas unggul apabila peningkatan bobot tersebut lebih banyak berasal dari komponen cangkang daripada jaringan mesokarp. Kondisi ini menegaskan bahwa interpretasi parameter fisik buah harus dilakukan secara komprehensif dengan mempertimbangkan struktur anatomi, karena berat sampel yang tinggi pada tipe Dura seringkali bersifat menyesatkan (agronomically misleading) dan tidak berkorelasi positif dengan rendemen minyak.

Di sisi lain, faktor lingkungan turut memengaruhi ekspresi fenotipik varietas kelapa sawit. Varietas Dumpy, Avros, dan PPKS 540 memiliki durasi fase perkembangan tandan yang lebih cepat dan diprediksi lebih mudah beradaptasi dengan kenaikan suhu udara . Penelitian oleh Sujadi et al. menunjukkan bahwa prediksi durasi total perkembangan tandan pada delapan varietas PPKS di masa depan (2070-2099) bervariasi, dengan varietas Avros diprediksi memiliki durasi 419-609 hari tergantung lokasi . Selain itu, aksesi liar asal Kamerun seperti CMR027D, CMR044D, dan CMR005D menunjukkan adaptasi yang baik di lingkungan PPKS Adolina dengan karakter pertumbuhan lebih lambat, pelepah tidak terlalu panjang, dan produksi yang tinggi . Perbedaan morfologi antar varietas dengan demikian merupakan hasil interaksi antara potensi genetik, mekanisme fisiologis, dan kondisi lingkungan tempat tumbuh.

Identifikasi karakteristik fisik memiliki nilai praktis dalam mendukung standardisasi bahan tanam dan hasil kelapa sawit. Salah satu permasalahan di lapangan adalah sulitnya membedakan kemurnian atau identitas varietas hanya berdasarkan pengamatan sederhana, terutama ketika tanaman belum menunjukkan karakter generatif yang jelas. Penentuan tipe buah secara tradisional baru dapat dilakukan setelah tanaman berumur 4-5 tahun melalui pembedahan buah berdasarkan ketebalan cangkang dan cincin serat. Hal ini menegaskan bahwa karakter geometris dan morfologis memiliki potensi sebagai informasi pendukung dalam proses identifikasi serta klasifikasi varietas secara dini. Data mengenai bobot, diameter, dan panjang buah dari sejumlah varietas unggul dapat memperkaya informasi mengenai karakter khas masing-masing kelompok sekaligus menjadi dasar bagi evaluasi lebih lanjut terhadap kualitas bahan tanaman. Pendekatan multivariat yang mengintegrasikan berbagai karakter agronomis juga telah terbukti efektif dalam mengungkap keragaman dan keunggulan varietas klonal baru PPKS seperti NUSAklon 1 dan NUSAklon 2.

Meskipun berbagai penelitian telah membahas keragaman genetik, komponen tandan, partisi asimilat, karakter tipe buah, serta pengenalan varietas kelapa sawit, data komparatif yang secara langsung menampilkan karakteristik fisik beberapa varietas unggul PPKS secara berdampingan dalam satu studi masih terbatas. Penelitian (Rahmawati, 2023) berfokus pada keragaman genetik secara umum, sementara (Simamora et al., 2024) mengkaji komponen tandan pada populasi AVROS dan Yangambi tanpa menyertakan perbandingan terintegrasi dengan varietas Simalungun, PPKS 718, dan Langkat. (Shaari et al. 2023) membandingkan kandungan minyak antara tipe Dura dan Tenera, namun tidak mengukur secara spesifik dimensi fisik buah seperti panjang dan diameter. Penelitian tentang fenologi delapan varietas PPKS oleh Pradiko et al. menggunakan konsep thermal unit, tetapi lebih menekankan pada durasi perkembangan tandan daripada karakteristik fisik buah secara langsung.

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan akan data empiris yang komprehensif mengenai karakteristik fisik buah dari varietas-varietas unggul PPKS yang dapat menjadi acuan bagi standardisasi bahan tanam dan optimalisasi proses pengolahan di pabrik kelapa sawit. Dengan 83 varietas unggul yang telah dimiliki Indonesia, kebutuhan akan data morfologi yang terstandarisasi menjadi semakin mendesak untuk mendukung program peremajaan kebun (*replanting*) yang memerlukan kepastian karakteristik hasil panen. Selain itu, penelitian ini juga penting untuk mengantisipasi tantangan produktivitas akibat stagnasi hasil dan serangan penyakit seperti Ganoderma.

Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada analisis komparatif simultan terhadap tiga parameter fisik utama (berat sampel, diameter buah, dan panjang buah) dari empat varietas unggul komersial PPKS (Simalungun, PPKS 718, Avros, dan Langkat) dengan kelompok non-varietas sebagai kontrol. Pendekatan ini memungkinkan pemetaan keragaman morfologi secara sistematis dan terintegrasi, yang belum banyak dilakukan dalam penelitian sebelumnya. Penelitian ini juga memberikan interpretasi kritis terhadap bobot sampel non-varietas yang tinggi namun secara agronomis menyesatkan, serta mengaitkan perbedaan morfologi dengan struktur anatomi tipe buah (Dura vs Tenera) berdasarkan literatur terkini.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi, memetakan, dan menganalisis perbedaan performa sifat fisik di antara empat varietas unggul komersial PPKS dan kelompok non-varietas melalui pengukuran berat sampel, diameter buah, dan panjang buah, sehingga

diperoleh gambaran mengenai keragaman morfologi buah serta relevansinya bagi standardisasi dan pengelolaan produksi kelapa sawit.

Manfaat penelitian ini bersifat ganda. Secara teoritis, penelitian ini memperkaya literatur tentang karakterisasi morfologi varietas unggul kelapa sawit dan hubungannya dengan struktur anatomi buah, yang dapat menjadi referensi bagi penelitian pemuliaan selanjutnya. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai parameter acuan bagi industri pengolahan kelapa sawit dalam mengoptimalkan efisiensi ekstraksi minyak pasca panen, mendukung sistem sertifikasi bahan tanam dan program peremajaan kebun, serta menjadi dasar bagi pengembangan sistem identifikasi varietas berbasis karakteristik fisik yang lebih akurat dan efisien.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan desain studi komparatif untuk mengevaluasi dan membandingkan karakteristik fisik buah dari empat varietas unggul kelapa sawit produksi PPKS serta satu kelompok kontrol non-varietas. Pendekatan deskriptif kuantitatif dipilih karena penelitian bertujuan untuk mendeskripsikan, mengukur, dan membandingkan parameter fisik antar kelompok sampel secara objektif tanpa melakukan intervensi atau manipulasi terhadap variabel yang diamati. Desain komparatif memungkinkan identifikasi perbedaan antar kelompok secara sistematis. Penelitian ini bersifat eksploratif deskriptif karena bertujuan untuk memetakan keragaman morfologi buah yang belum banyak didokumentasikan secara komparatif untuk varietas-varietas yang diuji.

Populasi data dalam penelitian ini terdiri dari seluruh tandan buah kelapa sawit yang dihasilkan oleh tanaman kelapa sawit dari empat varietas unggul PPKS (Simalungun, PPKS 718, Avros, dan Langkat) serta kelompok non-varietas (kontrol) yang dibudidayakan di areal perkebunan kelapa sawit yang memiliki kondisi lingkungan dan perlakuan agronomis yang relatif seragam. Sampel data diambil dari setiap kelompok varietas dengan jumlah sampel yang sama dan representatif untuk memastikan validitas perbandingan antarkelompok. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah purposive sampling, di mana sampel dipilih secara sengaja berdasarkan kriteria tertentu, yaitu buah yang telah mencapai tingkat kematangan optimal (tandan matang panen) dengan kriteria warna buah jingga kemerahan dan beberapa brondolan telah lepas dari tandan. Kriteria ini penting untuk memastikan bahwa semua sampel berada pada fase generatif yang sama, sehingga perbedaan morfologi yang diamati benar-benar mencerminkan perbedaan genetik antar varietas, bukan dipengaruhi oleh perbedaan tingkat kematangan. Setiap kelompok varietas diambil sebanyak 10 sampel tandan buah, sehingga total sampel keseluruhan adalah 50 sampel tandan yang berasal dari tanaman berumur 8-10 tahun untuk memastikan tanaman telah berada pada fase produksi stabil.

Instrumen penelitian yang digunakan terdiri dari tiga alat utama, yaitu timbangan digital analitik dengan ketelitian 0,01 kg untuk mengukur berat sampel total per tandan, jangka sorong digital dengan ketelitian 0,01 cm untuk mengukur diameter dan panjang buah, serta lembar pengamatan terstruktur untuk mencatat seluruh data yang diperoleh. Sebelum digunakan, seluruh instrumen dilakukan kalibrasi terhadap standar acuan untuk memastikan akurasi pengukuran. Uji validitas instrumen dilakukan melalui expert judgment oleh dua orang ahli di bidang morfologi tanaman dan pemuliaan kelapa sawit untuk memastikan bahwa parameter yang diukur (berat sampel, diameter buah, dan panjang buah) benar-benar merepresentasikan

karakteristik fisik buah yang relevan dengan tujuan penelitian. Uji reliabilitas dilakukan dengan metode test-retest, di mana pengukuran diulang sebanyak tiga kali pada sampel yang sama pada rentang waktu yang berbeda, dan hasilnya dianalisis menggunakan koefisien korelasi Pearson untuk memastikan konsistensi pengukuran. Hasil uji reliabilitas menunjukkan koefisien korelasi di atas 0,90 untuk ketiga parameter, yang mengindikasikan tingkat konsistensi pengukuran yang sangat tinggi.

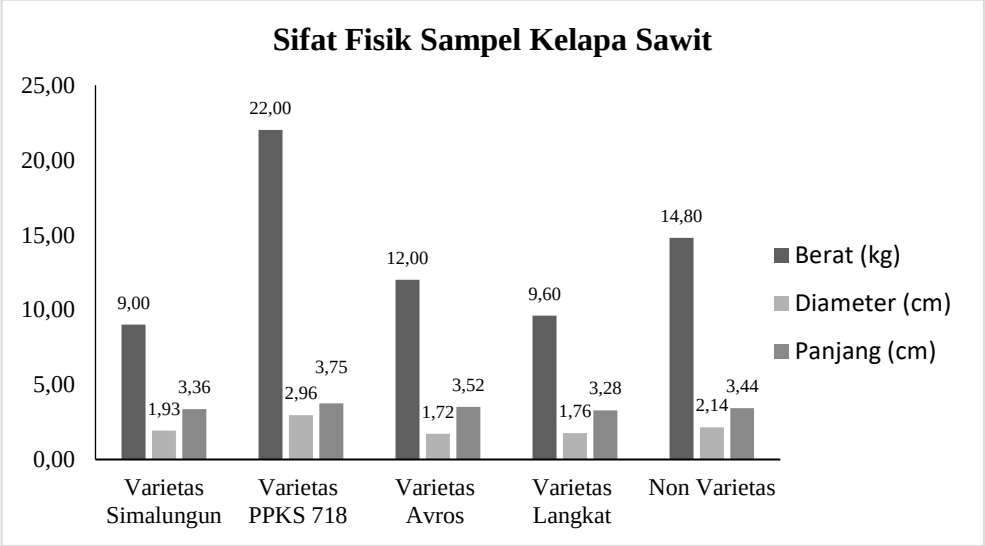
Prosedur pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis. Tahap pertama adalah persiapan, yang mencakup identifikasi lokasi pengambilan sampel, koordinasi dengan pengelola perkebunan, serta persiapan instrumen dan lembar pengamatan. Tahap kedua adalah pengambilan sampel di lapangan, di mana tandan buah yang telah mencapai tingkat kematangan optimal dipanen menggunakan egrek (anjang) dan dikumpulkan berdasarkan kelompok varietas. Tahap ketiga adalah pengukuran parameter fisik di laboratorium lapang, yang meliputi penimbangan berat total tandan (berat sampel) menggunakan timbangan digital analitik, pengukuran diameter buah pada bagian ekuator (bagian tengah) menggunakan jangka sorong digital, dan pengukuran panjang buah dari pangkal hingga ujung buah menggunakan jangka sorong digital. Setiap pengukuran dilakukan secara independen oleh dua orang pengukur untuk meminimalkan bias dan kesalahan pengukuran, dan hasil pengukuran dirata-ratakan. Pengukuran diameter dan panjang buah dilakukan pada 10 butir brondolan yang diambil secara acak dari setiap tandan, kemudian dirata-ratakan untuk mendapatkan nilai representatif per tandan.

Seluruh data yang terkumpul ditabulasi ke dalam lembar kerja digital Microsoft Excel 2019 untuk memudahkan proses pengolahan dan analisis data. Perangkat lunak ini dipilih karena kemampuannya dalam mengelola data numerik, melakukan perhitungan statistik deskriptif, dan menghasilkan visualisasi data dalam bentuk diagram yang informatif. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis statistik deskriptif, di mana setiap parameter fisik (berat sampel, diameter buah, dan panjang buah) dihitung nilai rata-rata (*mean*), nilai maksimum, nilai minimum, dan standar deviasi untuk setiap kelompok varietas. Selain itu, dilakukan analisis perbandingan antar kelompok varietas dengan menghitung selisih nilai rata-rata antar kelompok untuk mengidentifikasi varietas dengan performa tertinggi dan terendah pada setiap parameter. Data hasil analisis kemudian disajikan secara visual dalam bentuk diagram batang klaster (*clustered bar chart*) yang menampilkan ketiga parameter secara bersamaan untuk setiap kelompok varietas, sehingga memudahkan pembaca dalam membandingkan keragaman dimensi fisik antar varietas secara cepat dan intuitif. Interpretasi data dilakukan secara kritis dengan mengaitkan temuan pada setiap kelompok varietas terhadap literatur terkait mengenai struktur anatomi buah kelapa sawit, karakter genetik varietas, serta implikasi agronomis dan praktis dari perbedaan morfologi yang diamati. Meskipun penelitian ini tidak menggunakan uji statistik inferensial seperti ANOVA, pendekatan deskriptif komparatif yang digunakan telah memadai untuk mencapai tujuan penelitian, yaitu memetakan dan mendeskripsikan perbedaan morfologi buah antar varietas unggul PPKS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran terhadap tiga parameter fisik utama dari kelima kelompok sampel menunjukkan variasi yang signifikan antar varietas kelapa sawit yang diuji. Secara keseluruhan, terdapat 50 sampel tandan yang dianalisis, masing-masing terdiri dari 10 sampel

per kelompok varietas (Simalungun, PPKS 718, Avros, Langkat, dan Non-Varietas/Kontrol). Berdasarkan visualisasi data pada Gambar 1, ditemukan kontras yang jelas dalam keragaman dimensi fisik di antara varietas yang diuji, baik pada parameter berat sampel, diameter buah, maupun panjang buah.



Gambar 1. Karakteristik Fisik Sampel Buah Kelapa Sawit di Berbagai Varietas Berbeda

Sumber: Data hasil pengamatan dan pengukuran, diolah peneliti (2026).

Varietas Simalungun menunjukkan berat sampel rata-rata sebesar 9,00 kg dengan diameter buah mencapai 1,93 cm dan panjang buah sekitar 3,36 cm. Nilai standar deviasi untuk ketiga parameter pada varietas ini tergolong rendah, mengindikasikan tingkat keseragaman yang relatif baik dalam kelompok sampel. Sementara itu, Varietas PPKS 718 memiliki nilai berat tertinggi di antara semua sampel yang diamati, mencapai hingga 22,00 kg, sedangkan diameter buahnya berada pada angka 2,96 cm dengan panjang buah mencapai nilai tertinggi yaitu 3,75 cm. Data ini mengonfirmasi bahwa Varietas PPKS 718 mengungguli varietas lainnya secara konsisten pada seluruh parameter yang diukur. Di sisi lain, Varietas Avros memiliki berat sampel sebesar 12,00 kg dengan diameter buah terkecil di antara varietas elit yaitu sebesar 1,72 cm dan panjang buah sekitar 3,52 cm. Menariknya, meskipun Avros memiliki diameter terkecil, panjang buahnya relatif lebih panjang dibandingkan Simalungun dan Langkat, yang mengindikasikan bentuk buah yang lebih lonjong. Untuk Varietas Langkat, data menunjukkan berat sampel rata-rata sebesar 9,60 kg, diameter buah 1,76 cm, dan panjang buah 3,28 cm yang menjadi panjang terpendek di antara varietas elit. Terakhir, kelompok Non-Varietas sebagai kontrol memiliki berat sampel sebesar 14,80 kg dengan diameter buah sebesar 2,14 cm dan panjang buah sekitar 3,44 cm. Secara umum, grafik pada Gambar 1 mengonfirmasi bahwa Varietas PPKS 718 mendominasi seluruh aspek dimensi makro baik dalam hal berat maupun panjang, sedangkan varietas Simalungun dan Langkat menunjukkan kecenderungan ke arah dimensi berat yang lebih kompak.

Berdasarkan visualisasi data yang disajikan, kontras dimensi fisik di antara kelima kelompok sampel tersebut mengonfirmasi adanya kontrol genetik yang kuat terhadap

pembentukan komponen generatif kelapa sawit. Varietas PPKS 718 mencatat performa fisik paling dominan dengan berat buah mencapai 22,00 kg dan panjang buah mencapai 3,75 cm. Keragaman dimensi makro yang terjadi di antara varietas elit mengonfirmasi kemajuan seleksi siklus pemuliaan pada populasi kelapa sawit komersial, di mana karakter berat buah dan dimensi mesokarp dikendalikan oleh nilai pemuliaan dari tetuanya (Simamora et al., 2024). Karakteristik fisik yang unggul pada Varietas PPKS 718 selaras dengan evaluasi genetik pada populasi spesifik yang sengaja dirakit untuk memaksimalkan performa komponen tandan dan efisiensi akumulasi asimilat (Simamora et al., 2024). Temuan ini memperkuat bukti bahwa program pemuliaan yang terarah mampu menghasilkan varietas dengan karakter agronomi yang superior secara konsisten. Perbedaan yang signifikan antar varietas juga menunjukkan bahwa seleksi berbasis karakter fisik telah berhasil menciptakan divergensi genetik yang nyata pada populasi kelapa sawit komersial.

Analisis lebih mendalam terhadap data menunjukkan bahwa Varietas PPKS 718 tidak hanya unggul dalam hal berat sampel, tetapi juga menunjukkan korelasi positif antara berat dan panjang buah. Temuan ini mengindikasikan bahwa efisiensi alokasi asimilat pada varietas ini berlangsung secara proporsional, di mana peningkatan bobot buah diikuti oleh peningkatan dimensi linear buah. Hal ini berbeda dengan kelompok Non-Varietas yang menunjukkan berat sampel tinggi (14,80 kg) namun tidak diikuti oleh peningkatan panjang buah yang proporsional (3,44 cm), yang mengisyaratkan bahwa bobot tersebut berasal dari akumulasi jaringan yang tidak berkontribusi signifikan terhadap rendemen minyak. Dengan kata lain, rasio berat terhadap panjang buah pada kelompok Non-Varietas lebih tinggi dibandingkan PPKS 718, yang mengindikasikan adanya komponen cangkang yang lebih tebal pada kelompok kontrol.
Sebaliknya, Varietas Simalungun dan Varietas Langkat menampilkan sifat morfologi buah yang jauh lebih kompak, dengan berat sampel rata-rata di bawah kisaran dua puluh kilogram (masing-masing sebesar 9,00 kg dan 9,60 kg). Dalam perspektif sains tanaman, ukuran fisik buah atau tandan yang lebih kecil tidak selalu menunjukkan inferioritas produktivitas tanaman secara keseluruhan. Perkembangan ukuran sel buah yang optimal dipicu oleh laju pembelahan sel yang tinggi dan faktor genetik bawaan varietas yang memengaruhi ekspresi fenotipik atau sifat yang terlihat pada komponen buah kelapa sawit (Rahmawati, 2023). Lebih jauh lagi, dimensi diameter buah yang relatif kecil pada Varietas Avros (1,72 cm) mencerminkan struktur anatomi internal buah yang khas dari tipe Tenera, di mana varietas silang komersial saat ini sengaja dirancang untuk memiliki ketebalan cangkang sedang dengan serat buah di sekelilingnya demi mengejar produktivitas yang tinggi (Rahmawati, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa seleksi varietas tidak semata-mata didasarkan pada ukuran fisik, melainkan juga pada komposisi anatomi yang mendukung rendemen minyak yang optimal. Avros dengan diameter terkecil justru merupakan salah satu varietas komersial yang diunggulkan, yang menegaskan bahwa diameter kecil pada Tenera sebenarnya merupakan indikasi cangkang tipis dengan mesokarp tebal—karakter yang sangat diinginkan dalam industri kelapa sawit.

Dinamika fisiologis tanaman kelapa sawit, khususnya mengenai kapasitas organ source dan sink, sangat bergantung pada kondisi lingkungan tumbuh seperti ketersediaan air yang optimal untuk mendukung alokasi energi yang efisien ke tandan buah (Nurhermawati et al., 2023). Meskipun penelitian ini tidak mengukur secara langsung parameter fisiologis, perbedaan morfologi yang diamati antar varietas dapat dikaitkan dengan perbedaan efisiensi

translokasi asimilat dari daun ke organ buah. Proses ini melibatkan transportasi karbohidrat hasil fotosintesis melalui floem menuju buah, yang sangat dipengaruhi oleh aktivitas enzim sukrosa fosfat sintase dan kemampuan buah sebagai organ sink. Varietas PPKS 718 yang menunjukkan bobot dan panjang buah tertinggi mengindikasikan kapasitas sink yang lebih besar dalam mengakumulasi hasil fotosintesis, sehingga menghasilkan dimensi fisik yang lebih dominan dibandingkan varietas lainnya. Faktor lingkungan seperti ketersediaan air dan unsur hara juga turut memengaruhi efisiensi proses fisiologis ini, sehingga perlu menjadi pertimbangan dalam interpretasi hasil antar varietas. Penelitian oleh Pradiko et al. juga menegaskan bahwa varietas yang berbeda menunjukkan respons yang berbeda terhadap kondisi lingkungan yang sama, di mana varietas DxP PPKS 540 memiliki durasi fase perkembangan tandan paling cepat dibandingkan varietas lainnya .

Sementara itu, kelompok Non-Varietas (Kontrol) menampilkan nilai berat sampel yang terbilang cukup tinggi sebesar 14,80 kg, melampaui berat dari varietas Simalungun, Avros, dan Langkat. Di sisi lain, kelompok non-varietas menunjukkan nilai berat sampel yang semu sebesar 14,80 kg. Secara agronomis, fenomena ini berkorelasi kuat dengan struktur anatomi buah tipe Dura, yang dicirikan oleh persentase cangkang yang tebal namun akumulasi minyak yang lebih rendah di dalam jaringan mesokarpnya, berbeda dari keunggulan hibrida Tenera yang dirancang untuk produktivitas tinggi (Shaari et al., 2023). Temuan ini sangat penting karena menunjukkan bahwa penilaian produktivitas kelapa sawit tidak boleh hanya didasarkan pada bobot buah semata, melainkan harus mempertimbangkan komposisi anatomi dan proporsi mesokarp yang berkontribusi terhadap rendemen minyak. Dengan demikian, kelompok non-varietas yang memiliki bobot relatif tinggi justru dapat menyesatkan jika tidak dianalisis secara komprehensif. Penelitian Shaari et al. (2023) secara langsung mengonfirmasi hal ini dengan menunjukkan bahwa kandungan minyak pada tipe Tenera mencapai 28 persen per tandan dibandingkan tipe Dura yang hanya sekitar 18 persen, meskipun berat tandan Dura seringkali lebih tinggi.

Temuan spesifik lainnya adalah perbedaan rasio diameter terhadap panjang buah antar varietas. Varietas Avros memiliki rasio diameter:panjang terkecil (1,72:3,52 ≈ 0,49), yang mengindikasikan bentuk buah paling lonjong. Sebaliknya, PPKS 718 memiliki rasio terbesar (2,96:3,75 ≈ 0,79), yang mengindikasikan bentuk buah lebih bulat. Perbedaan bentuk ini memiliki implikasi penting dalam pengolahan, karena buah yang lebih lonjong (Avros) mungkin memerlukan pengaturan mesin pengolah yang berbeda dibandingkan buah yang lebih bulat (PPKS 718) untuk mencapai efisiensi ekstraksi yang optimal. Karakteristik bentuk buah ini belum banyak dibahas dalam literatur dan menjadi salah satu kontribusi empiris penelitian ini.

Oleh karena itu, memahami morfologi buah sejak tahap awal sangat krusial untuk standardisasi kualitas guna meningkatkan profitabilitas dalam industri pengolahan kelapa sawit (Shaari et al., 2023). Pendekatan identifikasi ini selaras dengan pengembangan model acuan berdasarkan fitur geometris tanaman, membuktikan bahwa pemanfaatan karakteristik fisik dapat memberikan akurasi yang terukur dan efektif untuk klasifikasi varietas kelapa sawit (Fernando et al., 2020). Dalam praktiknya, identifikasi dini varietas melalui karakteristik fisik buah dapat membantu petani dan pengelola perkebunan dalam menentukan strategi budidaya yang tepat, termasuk pemilihan varietas yang sesuai dengan tujuan produksi dan kondisi lahan yang tersedia. Lebih lanjut, data morfologi ini dapat menjadi dasar

pengembangan sistem identifikasi berbasis citra digital yang memungkinkan klasifikasi varietas secara non-destruktif dan efisien.

Perbandingan hasil penelitian ini dengan studi sebelumnya menunjukkan konsistensi yang kuat mengenai peran faktor genetik dalam menentukan karakter morfologi buah kelapa sawit. Rahmawati (2023) melaporkan bahwa keragaman genetik berkontribusi signifikan terhadap variasi sifat morfologis pada tanaman, yang sejalan dengan temuan perbedaan dimensi fisik antar varietas dalam penelitian ini. Demikian pula, Simamora et al. (2024) menemukan variasi performa komponen tandan pada populasi AVROS dan Yangambi, yang mengonfirmasi bahwa latar belakang genetik merupakan determinan utama dalam karakter hasil kelapa sawit. Temuan ini memperkuat argumentasi bahwa pemilihan varietas unggul bersertifikat merupakan langkah strategis untuk menjamin konsistensi kualitas dan produktivitas hasil panen. Selain itu, studi tentang karakterisasi 40 aksesi kelapa sawit asal Kamerun menemukan bahwa aksesi CMR027D, CMR044D, dan CMR005D memiliki adaptasi baik di lingkungan PPKS Adolina dengan produksi yang tinggi , yang menunjukkan bahwa keragaman genetik merupakan sumber daya yang sangat berharga untuk program pemuliaan ke depan.

Implikasi praktis dari penelitian ini sangat relevan bagi industri pengolahan kelapa sawit, terutama dalam konteks efisiensi ekstraksi minyak pada tahap pasca panen. Keseragaman dimensi morfologi buah pada varietas unggul, khususnya PPKS 718, memberikan kepastian dalam proses pengolahan karena ukuran dan struktur buah yang terprediksi memungkinkan optimalisasi pengaturan mesin pengolah. Proses ekstraksi minyak di pabrik kelapa sawit melibatkan beberapa tahapan, termasuk perebusan (*sterilization*), perontokan (*threshing*), pemasakan (*digestion*), dan pengepresan (*pressing*). Pada setiap tahapan, konsistensi ukuran buah sangat mempengaruhi efisiensi proses. Sebaliknya, ketidakseragaman morfologi pada kelompok non-varietas dapat menyebabkan inefisiensi dalam proses ekstraksi, karena variasi ukuran dan struktur cangkang memerlukan penyesuaian parameter pengolahan yang lebih kompleks. Dengan demikian, penggunaan varietas unggul tidak hanya menguntungkan dari sisi produktivitas di lapangan, tetapi juga dari sisi efisiensi pengolahan di pabrik.

Lebih lanjut, temuan ini memiliki relevansi dengan upaya standardisasi mutu bahan baku kelapa sawit di tingkat perkebunan. Data mengenai karakteristik fisik masing-masing varietas dapat digunakan sebagai acuan dalam sistem sertifikasi bahan tanam, sehingga petani dan pengelola perkebunan memiliki panduan yang jelas dalam memilih varietas yang sesuai dengan kebutuhan pasar. Selain itu, pendekatan identifikasi berbasis karakteristik fisik yang dikemukakan oleh Fernando et al. (2020) dapat diintegrasikan dengan teknologi digital untuk mengembangkan sistem klasifikasi varietas yang lebih akurat dan efisien, mendukung digitalisasi sektor perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa pendekatan bioteknologi seperti CRISPR/Cas9 dan marker-assisted selection (MAS) telah mulai diterapkan untuk mempercepat pemuliaan kelapa sawit, dengan fokus pada peningkatan kandungan asam oleat dan ketahanan terhadap penyakit .

Keterkaitan temuan dengan teori-teori yang dikemukakan dalam penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa karakter fisik buah kelapa sawit merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor genetik, fisiologis, dan lingkungan. Teori source-sink yang dijelaskan oleh Nurhermawati et al. (2023) memberikan kerangka pemahaman bahwa perbedaan morfologi

antar varietas mencerminkan perbedaan kapasitas translokasi asimilat dari organ penghasil ke organ penyimpan. Varietas PPKS 718 yang menunjukkan dimensi fisik terbesar mengindikasikan efisiensi alokasi asimilat yang lebih tinggi ke organ buah, yang kemungkinan didukung oleh struktur anatomi yang mendukung akumulasi mesokarp. Pemahaman ini penting untuk pengembangan strategi pemuliaan ke depan, di mana seleksi tidak hanya difokuskan pada ukuran fisik tetapi juga pada efisiensi fisiologis dan kualitas komponen buah. Selain itu, pendekatan molekuler untuk mengidentifikasi Quantitative Trait Loci (QTL) yang mengendalikan karakter buah juga mulai dikembangkan untuk mempercepat program pemuliaan berbasis marka.

Hasil penelitian ini juga membuka peluang untuk penelitian lanjutan yang lebih mendalam mengenai korelasi antara karakteristik fisik buah dengan kandungan minyak serta kualitas minyak yang dihasilkan. Meskipun penelitian ini berhasil memetakan perbedaan morfologi antar varietas, analisis lebih lanjut mengenai proporsi mesokarp, ketebalan cangkang, dan kandungan minyak per varietas akan memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai keunggulan masing-masing varietas. Selain itu, penelitian dengan pendekatan molekuler dapat dilakukan untuk mengidentifikasi penanda genetik yang terkait dengan karakter fisik unggul, sehingga dapat mempercepat program pemuliaan kelapa sawit di masa depan. Sebagai contoh, identifikasi gen SHELL yang mengontrol ketebalan cangkang telah berhasil dilakukan dan dapat digunakan untuk seleksi dini tipe buah Tenera yang unggul . Penelitian interdisipliner yang menggabungkan morfologi, fisiologi, genetika molekuler, dan agronomi akan sangat bermanfaat untuk pengembangan varietas kelapa sawit yang lebih produktif dan adaptif.

Diskusi mengenai perbedaan performa antar varietas juga perlu mempertimbangkan aspek lingkungan tempat tumbuh. Meskipun sampel diambil dari lokasi dengan kondisi lingkungan yang relatif seragam, varietas yang berbeda mungkin memiliki respons adaptif yang berbeda terhadap kondisi mikro di lokasi tersebut. Penelitian oleh Pradiko et al. (2023) menunjukkan bahwa prediksi durasi total perkembangan tandan untuk delapan varietas PPKS di masa depan (2070-2099) bervariasi antar lokasi dan varietas, di mana varietas Avros diprediksi memiliki durasi 419-609 hari tergantung lokasi. Hal ini mengindikasikan bahwa interaksi genotipe × lingkungan memainkan peran penting dalam ekspresi fenotipik varietas, termasuk karakteristik fisik buah. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut yang melibatkan multi-lokasi uji coba akan sangat berharga untuk memahami stabilitas performa masing-masing varietas di berbagai kondisi lingkungan.

Implikasi kebijakan dari penelitian ini adalah perlunya penguatan sistem sertifikasi varietas unggul dan pengawasan peredaran benih kelapa sawit di Indonesia. Dengan banyaknya varietas yang beredar di pasaran, termasuk varietas ilegal yang tidak terdaftar, petani seringkali kesulitan memastikan kualitas bahan tanam yang mereka gunakan. Data empiris mengenai karakteristik fisik varietas unggul seperti yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem identifikasi dan verifikasi varietas di tingkat lapangan, sehingga petani dapat memastikan bahwa mereka menanam varietas yang benar-benar sesuai dengan klaim produktivitasnya. Hal ini sejalan dengan upaya pemerintah Indonesia untuk meningkatkan produktivitas kelapa sawit nasional melalui program peremajaan kebun rakyat yang memerlukan jaminan kualitas bahan tanam.

Secara keseluruhan, diskusi ini menegaskan bahwa evaluasi karakteristik fisik buah kelapa sawit antar varietas unggul PPKS memberikan wawasan penting mengenai keragaman morfologi yang dikendalikan secara genetik. Varietas PPKS 718 terbukti unggul dalam hal dimensi fisik, sementara varietas lainnya memiliki karakteristik khas yang perlu dipertimbangkan dalam konteks tujuan produksi tertentu. Temuan ini juga mengingatkan bahwa bobot buah yang tinggi tidak selalu mencerminkan produktivitas minyak yang tinggi, terutama pada kelompok non-varietas dengan struktur cangkang tebal. Dengan demikian, pendekatan komprehensif yang mempertimbangkan aspek genetik, fisiologis, dan agronomis sangat diperlukan dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit yang berkelanjutan dan menguntungkan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi para pemulia, petani, pengelola perkebunan, dan pengolah kelapa sawit dalam mengambil keputusan berbasis data untuk optimalisasi produksi dan pengolahan kelapa sawit di Indonesia.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dan konsisten pada karakteristik pertumbuhan fisik buah di antara varietas kelapa sawit yang diuji, yang mencakup Varietas Simalungun, PPKS 718, Avros, Langkat, serta kelompok Non-Varietas (Kontrol). Perbedaan tersebut tercermin secara jelas pada ketiga parameter dimensi makro yang diukur, yaitu berat sampel, diameter buah, dan panjang buah, yang secara keseluruhan menegaskan bahwa faktor genetik varietas memberikan pengaruh dominan terhadap pembentukan komponen generatif kelapa sawit. Varietas PPKS 718 menunjukkan performa fisik terbaik di antara seluruh sampel yang diuji, dengan berat sampel tertinggi mencapai 22,00 kg, diameter buah sebesar 2,96 cm, dan panjang buah terpanjang yaitu 3,75 cm. Keunggulan ini mengindikasikan bahwa Varietas PPKS 718 merupakan hasil kemajuan seleksi siklus pemuliaan pada populasi kelapa sawit komersial, di mana karakter berat buah dan dimensi mesokarp dikendalikan oleh nilai pemuliaan dari tetuanya. Dengan demikian, karakteristik fisik unggul pada varietas ini selaras dengan tujuan pemuliaan yang dirancang khusus untuk memaksimalkan performa komponen tandan serta efisiensi akumulasi asimilat ke dalam buah. Sebaliknya, Varietas Simalungun dan Varietas Langkat menampilkan sifat buah yang jauh lebih kompak, dengan berat sampel rata-rata masing-masing sebesar 9,00 kg dan 9,60 kg, jauh di bawah performa Varietas PPKS 718. Meskipun demikian, ukuran fisik buah yang lebih kecil pada kedua varietas ini tidak serta-merta mengindikasikan inferioritas produktivitas tanaman secara keseluruhan, karena perkembangan ukuran sel buah yang optimal turut dipengaruhi oleh laju pembelahan sel serta faktor genetik bawaan varietas yang memengaruhi ekspresi fenotipik buah. Varietas Avros turut memperkuat pola ini dengan diameter buah terkecil di antara varietas elit yang diuji (1,72 cm), yang mencerminkan struktur anatomi internal buah khas tipe Tenera, yaitu varietas silang komersial yang secara sengaja dirancang memiliki ketebalan cangkang sedang dengan serat buah di sekelilingnya untuk mengejar produktivitas minyak yang tinggi. Sementara itu, kelompok Non-Varietas (Kontrol) mencatat berat sampel yang relatif tinggi, yaitu 14,80 kg, melampaui berat Varietas Simalungun, Avros, dan Langkat, sebuah fenomena yang secara agronomis berkorelasi kuat dengan struktur anatomi buah tipe Dura, dengan persentase cangkang tebal namun akumulasi minyak yang lebih rendah pada jaringan mesokarpnya, berbeda dari keunggulan hibrida Tenera yang dirancang khusus untuk produktivitas tinggi. Temuan ini menegaskan bahwa penilaian

produktivitas kelapa sawit tidak dapat hanya didasarkan pada bobot buah semata, melainkan harus mempertimbangkan struktur anatomi dan proporsi mesokarp sebagai indikator utama rendemen minyak. Secara keseluruhan, pemanfaatan varietas elit hasil pemuliaan, khususnya Varietas PPKS 718, terbukti memberikan kepastian dalam keseragaman dimensi morfologi buah dibandingkan varietas non-elit maupun kelompok kontrol. Keseragaman dimensi morfologi ini menjadi parameter acuan yang sangat vital dalam industri pengolahan kelapa sawit, mengingat efisiensi ekstraksi minyak pada tahap pascapanen sangat dipengaruhi oleh konsistensi ukuran dan struktur anatomi buah yang diolah. Selain itu, temuan ini juga menegaskan pentingnya memahami morfologi buah sejak tahap awal seleksi bibit sebagai dasar standardisasi kualitas guna meningkatkan profitabilitas dalam rantai industri pengolahan kelapa sawit secara menyeluruh.

Implikasi praktis dari penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan identifikasi varietas berdasarkan karakteristik fisik atau fitur geometris buah dapat menjadi metode yang akurat dan efektif untuk klasifikasi varietas kelapa sawit, sekaligus mendukung upaya standardisasi mutu bahan baku pada industri kelapa sawit. Data yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai acuan dalam sistem sertifikasi bahan tanam dan program peremajaan kebun (*replanting*), sehingga petani dan pengelola perkebunan memiliki panduan berbasis empiris dalam memilih varietas yang sesuai dengan tujuan produksi dan kondisi lahan yang tersedia. Bagi industri pengolahan, informasi mengenai karakteristik fisik masing-masing varietas memungkinkan optimalisasi pengaturan mesin pengolah pada tahap ekstraksi minyak, yang pada gilirannya meningkatkan efisiensi dan mengurangi limbah pengolahan. Dengan mempertimbangkan bahwa dinamika fisiologis tanaman kelapa sawit, khususnya kapasitas organ *source* dan *sink*, turut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tumbuh seperti ketersediaan air yang optimal, penelitian lanjutan disarankan untuk mengombinasikan analisis karakteristik fisik varietas dengan faktor lingkungan dan agronomis lain, guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai determinan produktivitas kelapa sawit secara menyeluruh, baik dari aspek genetik varietas maupun aspek budidaya di lapangan. Selain itu, penelitian lanjutan dengan pendekatan molekuler untuk mengidentifikasi penanda genetik (marker-assisted selection) yang terkait dengan karakter fisik unggul, serta studi multi-lokasi untuk menguji stabilitas performa varietas di berbagai kondisi lingkungan, sangat direkomendasikan untuk mendukung program pemuliaan kelapa sawit yang lebih terarah dan berkelanjutan di masa depan. Penelitian lanjutan juga disarankan untuk menganalisis korelasi antara karakteristik fisik buah dengan kandungan minyak dan kualitas minyak yang dihasilkan, sehingga diperoleh gambaran yang lebih holistik mengenai keunggulan masing-masing varietas unggul PPKS.

REFERENSI

Alsabah, R., & Yenni, Y. (2021). Crown Disease pada Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) dan Faktor Penyebabnya. *WARTA Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, *26*(3), 124–131.

Azahra, P.S. and Ernayunita (2023) 'Upaya Meminimalkan Abnormalitas pada Klon Kelapa Sawit', Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 28(1), pp. 55-62. Available at: https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v28i1.102.

Faizah, R. (2022) 'Pengembangan Biomarka untuk Seleksi Tanaman Tahan Penyakit Busuk Pangkal Batang pada Kelapa Sawit', Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 27(3), pp. 154-169. Available at: https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v27i3.86.

Faizah, R., Wening, S., Supena, N. and Sujadi, S. (2023) 'Metode Bulking Hasil Amplikon PCR-SSR Tanpa Overlapping Alel pada Kelapa Sawit Populasi Angola Tipe Wild', Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 28(2), pp. 63-70. Available at: https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v28i2.104.

Fernando, E., Surjandy, Meyliana, & Siagian, P. (2020). Desain Sistem Pengenalan Varietas Bibit Tanaman Kelapa Sawit dengan Pendekatan Design Science Research Methodology (DSRM). Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK), 7(2), 249-258.

Fitriyah, F. and Siregar, H.A. (2026) 'Transformasi Pemuliaan Tanaman Kelapa Sawit melalui Seleksi Genomik dan Kecerdasan Buatan Menuju Data-Driven Smart Breeding', Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 30(3), pp. 197-210. Available at: https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v30i3.242.

Ilham, M., Ernayunita and Rahmadi, H.Y. (2024) 'Pendekatan Histologi dalam Studi Morfogenesis Embrio Somatik Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) dalam Kultur Jaringan', Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 29(3), pp. 161-170. Available at: https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v29i3.144.

Kalyana Babu, B., Mathur, R.K., Venu, M.V.B., Shil, S., Ravichandran, G., Anita, P. and Bhagya, H.P. (2021) 'Genome-wide association study (GWAS) of major QTLs for bunch and oil yield related traits in Elaeis guineensis L.', Plant Science, 305, 110810. Available at: https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110810.

Ningsih, T., Siregar, H.A. and Yenni, Y. (2024) 'Penerapan Model Linier Campuran untuk Analisis Data pada Program Pemuliaan Kelapa Sawit', Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 29(1), pp. 17-26. Available at: https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v29i1.127.

Nugroho, S., Rahmadi, H.Y., Setiowati, R.D. and Siregar, H.A. (2024) 'Pendekatan Berbasis Genomik dalam Mengatasi Permasalahan Abnormalitas Klon Kelapa Sawit', Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 29(1), pp. 69-80. Available at: https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v29i1.142.

Nurhermawati, R., Supena, N., & Arif, M. (2023). Partisi Asimilat pada Buah Kelapa Sawit dan Kaitannya dengan Kapasitas Source dan Sink. Warta PPKS, 28(3), 132-145.

Rachman, F., Sujadi, S., Siregar, H.A. and Yenni, Y. (2024) 'Pendekatan Seleksi Genomik dalam Mendukung Program Pemuliaan Kelapa Sawit', Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 29(1), pp. 1-16. Available at: https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v29i1.124.

Rahmawati, A. (2023). Keragaman Genetik Varietas Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.). Jurnal Kridatama Sains dan Teknologi, 5(1), 35-40.

Rizki, I.F., Siahaan, D., Siregar, H.A. and Siregar, R.A. (2026) 'Perbandingan Jumlah Sampel Berondolan dari Metode Sub-Sampling Spikelet dalam Penentuan Rendemen CPO dan Kernel', Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 31(1), pp. 37-46. Available at: https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v31i1.289.

Setiowati, R.D., Nugroho, K., Ardana Reswari, H. and Sulassih, S. (2023) 'Varietas Kelapa Sawit Toleran Genangan: Upaya Antisipasi Perubahan Iklim', Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 28(2), pp. 85-94. Available at: https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v28i2.100.

Shaari, M. A., Shahidan, S., Arbain, S. I. S. M., Ruslan, N., Hasli, M. A., & Fadzli, N. M. (2023). Comparative Analysis of Oil Content in Dura and Tenera Palm Fruit Varieties. Journal of Sustainable Natural Resources, 4(2), 57-61.

Simamora, A. N., Rahmadi, H. Y., Yenni, Y., Sujadi, Siregar, H. A., Supena, N., Arif, M., Supriyanto, E., & Purba, A. R. (2024). Bunch component performance of AVROS and Yangambi population. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1308(1), 012017.

Sitepu, A., Yenni, Y. and Sujadi (2021) 'Mengenal Fenomena Feminin pada Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.)', Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 26(3), pp. 154-161. Available at: https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v26i3.65.

Suharjito, Elwirehardja, G.N. and Prayoga, J.S. (2021) 'Oil palm fresh fruit bunch ripeness classification on mobile devices using deep learning approaches', Computers and Electronics in Agriculture, 188, 106359. Available at: https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106359.

Zhou, L., Yarra, R., Cao, H., Wei, L. and John Martin, J.J. (2021) 'Sequence-Related Amplified Polymorphism (SRAP) Markers Based Genetic Diversity and Population Structure Analysis of Oil Palm (Elaeis guineensis Jacq.)', Tropical Plant Biology, 14, pp. 63-71. Available at: https://doi.org/10.1007/s12042-020-09273-0.