

PENGEMBANGAN SISTEM DETEKSI DAN KLASIFIKASI JENIS KELAMIN BUNGA PADA KELAPA SAWIT

Muhammad Azman¹, Arif Fadlullah²

^{1,2} Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan, ³ Indonesia

¹asmanboy188@gmail.com, ²arif.fadl@borneo.ac.id

Abstrak

Pulau Sebatik di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara, memiliki potensi besar dalam budidaya kelapa sawit. Namun, proses identifikasi jenis kelamin bunga kelapa sawit yang masih dilakukan secara manual sering kali menimbulkan kesalahan dan ketidakefisienan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi otomatis berbasis citra guna mengidentifikasi jenis kelamin bunga kelapa sawit menggunakan arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) VGG19. Dataset yang digunakan terdiri dari 800 citra primer yang terbagi secara merata antara bunga jantan dan betina. Melalui proses prapemrosesan dan augmentasi, jumlah dataset meningkat menjadi 1.164 citra, dengan pembagian 80:10:10 untuk data latih, validasi, dan uji. Model berhasil mencapai nilai presisi, recall, dan F1-score sebesar 100% pada data validasi dan pengujian. Namun, saat diuji pada 18 citra baru di luar dataset, terjadi beberapa kesalahan klasifikasi, khususnya dalam mengenali bunga betina sebagai bunga jantan. Hal ini menghasilkan nilai presisi dan recall rata-rata sebesar 95%, serta F1-score sebesar 94%. Temuan ini menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan tinggi dalam mengklasifikasi jenis kelamin bunga kelapa sawit. Meskipun demikian, kesalahan pada implementasi nyata menunjukkan perlunya data latih yang lebih bervariasi. Sistem ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam sektor pertanian, khususnya dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi identifikasi bunga kelapa sawit guna mendukung produktivitas perkebunan.

Keyword: Pengolahan Citra, Klasifikasi Bunga, Kelapa Sawit, CNN, VGG19

1. Pendahuluan

Pemanfaatan teknologi dalam bidang pertanian, khususnya pada subsektor perkebunan kelapa sawit, telah menjadi strategi penting dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas (Mainingsih, F. R., & Aulia, A. F. 2025). Salah satu aspek krusial dalam budidaya kelapa sawit adalah proses identifikasi dan klasifikasi jenis kelamin bunga, yang berperan dalam perencanaan produksi serta peningkatan hasil panen (Sembiring, A. P. 2024). Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) termasuk dalam kategori tanaman berumah satu (*monoecious*) yang memiliki bunga jantan dan betina terpisah dalam satu individu tanaman (Pratama, B. D. 2024). Identifikasi jenis kelamin bunga secara manual umumnya membutuhkan keahlian khusus dan pengalaman lapangan, sehingga menyulitkan petani pemula (Setiyowati, A. A.).

Menurut Jiang, K., Tan, T., Liu, J., & Ribeiro, M. T. (2021), tahap perkembangan bunga dan buah pada tanaman kelapa sawit merupakan indikator utama dalam menentukan kualitas dan kuantitas produksi, terutama di wilayah perkebunan seperti Pulau Sebatik. Proses identifikasi jenis kelamin bunga secara konvensional masih rentan terhadap kesalahan karena bergantung pada pengamatan visual dan keahlian petani (Wijaya, H. A., & Cahyono, N. (2025)). Oleh karena itu, penerapan teknologi berbasis citra dan kecerdasan buatan sangat potensial untuk

mengatasi tantangan tersebut. Salah satu metode yang efektif untuk klasifikasi citra adalah *Convolutional Neural Network* (CNN) (Perwati, I. G., Suarna, N., & Suprpti, T. (2024)), yang telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi klasifikasi visual di sektor pertanian. Penelitian selanjutnya oleh Oktafanda, Ego (2022) menyatakan bahwa CNN efektif dalam mengenali pola visual pada citra kebun dan sawah. Demikian pula, penelitian berikutnya oleh Samuel, S., Prilianti, K. R., Setiawan, H., & Mimboro, P. (2022) yang menekankan keunggulan CNN dalam mengekstraksi fitur kompleks dari data visual, menjadikannya solusi ideal untuk pengklasifikasian objek berbasis citra.

Jenis kelamin bunga pada kelapa sawit memainkan peran penting dalam proses reproduksi tanaman Parwati, W. D. U., Nadeak, F. H., & Kautsar, V. (2024). Bunga jantan berfungsi sebagai sumber serbuk sari, sementara bunga betina merupakan lokasi pembuahan yang menghasilkan buah. Efektivitas penyerbukan baik alami maupun buatan menjadi faktor penentu dalam produktivitas kelapa sawit (Sujadi, Sujadi dan Nanang Supena. 2020). Oleh karena itu, kemampuan untuk mengidentifikasi jenis kelamin bunga secara dini dan akurat dapat mendukung pengambilan keputusan seperti penyerbukan buatan atau pemangkasan selektif, yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi manajemen perkebunan. Seiring kemajuan teknologi pengolahan citra dan *machine learning*, penelitian tentang

klasifikasi jenis kelamin bunga kelapa sawit berbasis CNN menjadi sangat relevan (Mardiyah, Meiga Isyatan. 2020). Studi terdahulu telah membuktikan efektivitas CNN dalam deteksi objek perkebunan secara umum, seperti klasifikasi kualitas bibit dan deteksi pokok pohon sawit (Infosawit, 2024). Namun, hingga kini, masih sedikit penelitian yang secara spesifik mengkaji klasifikasi jenis kelamin bunga pada kelapa sawit (Kuswardani, R. A., 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi jenis kelamin bunga kelapa sawit berbasis citra menggunakan metode CNN. Sistem ini diharapkan mampu mengidentifikasi karakteristik visual bunga jantan dan betina secara otomatis dengan akurasi tinggi. Selain mengisi celah dalam literatur ilmiah, penelitian ini juga menawarkan kontribusi praktis bagi sektor perkebunan, khususnya dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi proses klasifikasi bunga secara digital. Dengan pendekatan ini, pengelolaan perkebunan kelapa sawit diharapkan dapat dilakukan secara lebih presisi, efisien, dan berkelanjutan.



Gambar 1. Flowchart Proses Klasifikasi

2. Metode

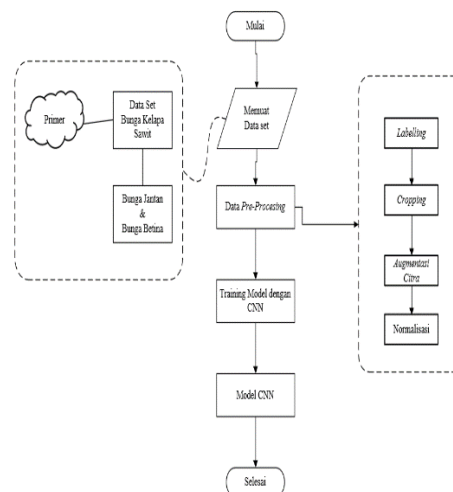
Penelitian ini menerapkan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk klasifikasi jenis kelamin pada citra bunga kelapa sawit. Proses dimulai dari pengumpulan data citra, dilanjutkan dengan pelatihan model CNN berdasarkan karakteristik visual seperti bentuk, pola, dan warna. Penelitian ini bersifat kuantitatif dengan tujuan mengukur akurasi sistem secara objektif melalui serangkaian uji eksperimen.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen untuk mengembangkan sistem klasifikasi jenis kelamin bunga kelapa sawit berbasis citra digital (Pertiwi, H. 2022). Model *Convolutional Neural Network* (CNN) diterapkan untuk mengidentifikasi jenis kelamin bunga (jantan dan betina) berdasarkan ciri visual seperti bentuk, pola, dan warna. Pengujian dilakukan pada citra yang telah dikelompokkan, dan hasil klasifikasi CNN dibandingkan dengan metode standar untuk menilai akurasi dan keandalannya.

Penelitian ini dilaksanakan di Kalimantan Utara, Kabupaten Nunukan Kec. Sebatik Induk Desa Padaidi. Kemudian, waktu penelitian dilaksanakan mulai dari bulan Oktober 2024 hingga Februari 2025.

Sebanyak 800 citra bunga kelapa sawit (400 jantan dan 400 betina) dikumpulkan langsung dari lahan perkebunan di Desa Padaidi, Kecamatan Sebatik, Kalimantan Utara. Pengambilan citra dilakukan menggunakan kamera iPhone 12 Pro, disimpan dalam format JPG dengan resolusi 2532×1170 piksel dan pelabelan dilakukan menggunakan Roboflow.

Pengembangan model deteksi jenis kelamin bunga kelapa sawit diawali dengan pengumpulan citra yang diklasifikasikan ke dalam dua kategori, yaitu bunga jantan dan bunga betina (Nurhadi, M. I. 2024). Citra yang diperoleh kemudian melalui tahap pre-processing, meliputi pelabelan, cropping bagian yang tidak relevan, augmentasi (seperti rotasi, flipping, dan penyesuaian pencahayaan), serta normalisasi nilai piksel untuk meningkatkan efisiensi pelatihan. Model utama yang digunakan adalah *Convolutional Neural Network* (CNN). Model ini dilatih menggunakan data yang telah diproses, agar mampu mengenali pola visual khas dari masing-masing jenis bunga. Desain alur sistem secara keseluruhan digambarkan pada Gambar 1, yang mencakup tahap mulai dari input data hingga pelatihan model. Setelah proses pelatihan, model diuji menggunakan data uji untuk mengevaluasi akurasi dan generalisasi terhadap data baru. Tahap akhir adalah implementasi sistem yang dapat secara otomatis mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis kelamin bunga kelapa sawit, guna mendukung identifikasi cepat dan akurat di lapangan.



Gambar 2. Proses Pelatihan Data

Data citra bunga kelapa sawit dikumpulkan secara langsung di Desa Padaidi, Kecamatan Sebatik, Kabupaten Nunukan, dari kebun milik petani lokal. Citra diambil menggunakan kamera berkualitas tinggi dengan resolusi 2532 × 1170 piksel (format JPG), meliputi ±400 gambar untuk masing-masing

jenis kelamin (jantan dan betina). Pengambilan dilakukan dari berbagai sudut dan pencahayaan untuk menangkap keragaman bentuk bunga. Latar belakang bersih dan pencahayaan memadai dipilih untuk meminimalkan gangguan visual, sehingga fitur penting bunga dapat dikenali secara optimal oleh model CNN.

1. Pelabelan Jenis Kelamin

Setiap citra diberi label “jantan” atau “betina” berdasarkan ciri visualnya, dengan melibatkan tenaga ahli yang memahami morfologi bunga kelapa sawit. Data kemudian dibagi menjadi data latih (80%) dan data uji (20%). Pelabelan yang akurat menjadi kunci agar CNN dapat mempelajari pola khas masing-masing jenis bunga secara efektif dan melakukan klasifikasi pada data baru secara andal.

2. Cropping dan Resize

Citra beresolusi tinggi yang telah dikumpulkan selanjutnya diproses dengan cropping dan resize ke ukuran 224×224 piksel. Langkah ini bertujuan untuk menyesuaikan format input model CNN dan meningkatkan efisiensi proses pelatihan, terutama saat menangani dataset dalam jumlah besar.

Analisis data dilakukan menggunakan *confusion matrix*, yaitu metode evaluasi pada *supervised learning* untuk menilai hasil prediksi model terhadap data aktual. Setiap elemen dalam *confusion matrix* menunjukkan apakah model mengklasifikasikan data dengan benar atau salah dalam suatu kategori. Bisa dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Metode *Confusion Matrix*

	Prediksi Positif (+)	Prediksi Negatif (-)
Aktual Positif (+)	True Positive (TP)	False Negative (FN)
Aktual Negatif (-)	False Positive (FP)	True Negative (TN)

Adapun cara menghitung metrik dari *confusion matrix* terbagi menjadi empat diantaranya *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*.

$$\text{Akurasi} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

$$\text{Presisi} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

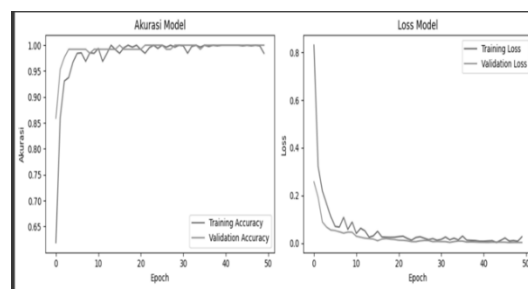
$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

$$F1 - \text{Score} = 2 \times \frac{\text{Presisi} \times \text{Recall}}{\text{Presisi} + \text{Recall}} \quad (4)$$

3. Hasil dan Pembahasan

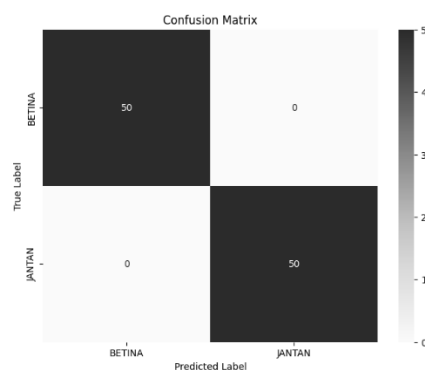
Pada tahap pelatihan model, digunakan arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) berbasis VGG19 yang telah dimodifikasi untuk melakukan klasifikasi citra bunga kelapa sawit berdasarkan jenis kelaminnya, yaitu jantan dan betina terdapat pada Gambar 3. Model dilatih menggunakan

dataset citra bunga kelapa sawit yang telah melalui proses augmentasi dan *preprocessing*, dengan tujuan meningkatkan kemampuan generalisasi model terhadap data baru.



Gambar 3. Grafik Hasil Pelatihan Model

Setelah proses pelatihan selesai, langkah selanjutnya adalah mengevaluasi model yang telah terlatih menggunakan data validasi dan data uji (Data Testing). Hasil evaluasi ini kemudian divisualisasikan dalam bentuk *Confusion Matrix* yang dapat dilihat pada Gambar 4. Melalui matriks ini, terlihat bahwa model menunjukkan performa klasifikasi yang sangat baik dengan akurasi yang tinggi. *Confusion matrix* ini memberikan gambaran jelas tentang bagaimana model berhasil mengklasifikasikan data uji dengan tepat, tanpa banyak kesalahan, yang menandakan bahwa model telah belajar dengan baik dan mampu menggeneralisasi hasil dengan efektif.



Gambar 4. Metrik Evaluasi Data Validasi

Berdasarkan *confusion matrix* yang ditampilkan pada Gambar 4, model menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam mengklasifikasikan jenis kelamin. Tidak ada kesalahan prediksi sama sekali pada kedua kelas. Semua 50 sampel dari kelas "BETINA" berhasil diprediksi dengan tepat sebagai "BETINA" dan semua 50 sampel dari kelas "JANTAN" juga berhasil diprediksi sebagai "JANTAN."

Secara keseluruhan, hasil pelatihan dan pengujian model menunjukkan bahwa arsitektur VGG19 memiliki performa yang sangat baik dalam mengklasifikasikan bunga jantan dan betina. Model mencapai nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score* yang sempurna (1.00) pada data validasi dan data uji internal. Nilai ini menggambarkan bahwa model mampu mengenali pola visual dari kedua kelas

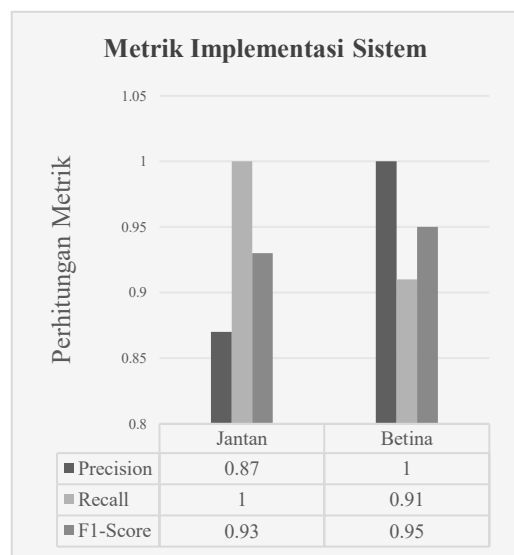
dengan tepat tanpa menghasilkan kesalahan prediksi pada dataset pengujian internal tersebut.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Matriks Data *Testing*

Kategori	T P	T N	F P	F N	Precision	Recall	F1-Score
Betina	50	50	0	0	1.00	1.00	1.00
Jantan	50	50	0	0	1.00	1.00	1.00
Macro Avg	--	--	--	--	1.00	1.00	1.00
Weighted Avg	--	--	--	--	1.00	1.00	1.00

Namun, ketika diuji pada citra baru di luar dataset, performa model mengalami sedikit penurunan, terutama pada kelas Betina yang memperoleh recall sebesar 0.91 karena satu citra salah diklasifikasikan sebagai Jantan. Meskipun demikian, skor rata-rata F1 sebesar 0.94 menunjukkan bahwa model tetap bekerja secara konsisten dan cukup stabil pada kondisi yang berbeda dari data pelatihan.

Ringkasan ini menegaskan bahwa model sangat kuat pada data internal, tetapi generalisasi terhadap kondisi lapangan masih perlu ditingkatkan melalui penambahan variasi dataset, khususnya dari segi pencahayaan, sudut pandang, dan karakteristik visual lainnya. Dengan ringkasan ini, bagian hasil menjadi lebih fokus pada temuan utama dan tidak mengulang pembahasan metrik sebelumnya.



Gambar 5. Hasil Perhitungan Implementasi Sistem

Evaluasi lanjutan pada data uji juga mengonfirmasi konsistensi performa model, dengan hasil yang setara dengan data validasi. Model mampu mengklasifikasikan seluruh gambar dari kedua kelas dengan sangat akurat, bahkan menghasilkan nilai confidence mendekati 1.00, seperti pada beberapa citra bunga jantan (0.999634) dan betina (0.99952114). Ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya akurat namun juga memiliki tingkat keyakinan tinggi terhadap prediksinya.

Namun demikian, keterbatasan tetap ditemukan, terutama dalam hal generalitas sistem terhadap bunga non-kelapa sawit. Karena data pelatihan hanya mencakup gambar bunga jantan dan betina dari kelapa sawit, maka ketika diuji dengan gambar bunga dari spesies lain, model tetap mengklasifikasikannya sebagai bunga kelapa sawit. Hal ini menjadi batasan yang signifikan yang harus diperhatikan dalam pengembangan sistem ke depan.

Oleh karena itu, penambahan variasi data latih, termasuk bunga dari spesies lain serta citra dari berbagai jarak dan sudut pengambilan, sangat disarankan untuk meningkatkan generalisasi model. Selain itu, pengembangan lebih lanjut ke arah implementasi berbasis mobile atau IoT juga menjadi peluang yang menarik, terutama bagi aplikasi di lapangan secara real-time dan lebih praktis. Secara keseluruhan, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem klasifikasi ini sudah berjalan optimal pada kondisi pengambilan gambar ideal, namun masih memerlukan peningkatan agar dapat bekerja secara andal dalam kondisi yang lebih bervariasi.

Analisis kritis terhadap performa model menunjukkan bahwa sistem CNN dengan arsitektur VGG19 mampu mencapai akurasi sangat tinggi pada data latih, validasi, dan uji, bahkan mendekati 100%. Meskipun demikian, performa sempurna pada data internal ini menandakan adanya potensi overfitting karena model mempelajari pola visual dataset terlalu baik. Hal tersebut terbukti saat model diuji menggunakan 18 citra baru di luar dataset, di mana masih terjadi kesalahan klasifikasi pada beberapa citra bunga betina yang diprediksi sebagai bunga jantan. Fenomena ini menunjukkan bahwa generalisasi model terhadap kondisi nyata masih terbatas, terutama pada citra dengan variasi pencahayaan, sudut, atau tekstur yang berbeda dari data pelatihan.

Selain itu, keterbatasan dataset yang hanya mencakup dua kelas (jantan dan betina) serta tidak mencakup bunga dari spesies lain menyebabkan model tidak mampu mengenali objek lain secara benar, sehingga tetap memaksakan klasifikasi ke salah satu kelas sawit. Keterbatasan lain terlihat pada faktor jarak pengambilan gambar yang seragam (± 30 cm), sehingga model kurang adaptif terhadap jarak yang lebih dekat atau lebih jauh. Dengan demikian, meskipun performa numerik model tinggi, kemampuan adaptasi terhadap kondisi lapangan masih perlu ditingkatkan melalui ekspansi data latih, penambahan variasi lingkungan, serta regularisasi yang lebih optimal.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem klasifikasi jenis kelamin bunga kelapa sawit berbasis citra menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur VGG19. Model dilatih menggunakan dataset sebanyak 1.164 citra hasil augmentasi dari 800 gambar awal (400 bunga

jantan dan 400 bunga betina), dan dibagi menjadi data latih, validasi, dan uji. Hasil pelatihan menunjukkan performa sangat baik dengan akurasi 100% pada data latih, serta nilai presisi, recall, dan f1-score mencapai 1.00 pada data validasi dan uji. Namun, implementasi sistem menunjukkan adanya false negative pada klasifikasi bunga betina, dengan recall hanya sebesar 0.91. Untuk meningkatkan performa sistem secara keseluruhan, diperlukan perluasan data latih yang lebih beragam serta pelatihan model dengan jumlah data yang mencerminkan berbagai kondisi visual dari bunga kelapa sawit. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan terbukti mampu mengklasifikasikan jenis kelamin bunga kelapa sawit secara akurat. Untuk meningkatkan kinerja di lapangan, perlu dilakukan peningkatan variasi data latih serta penyesuaian kondisi pengambilan gambar, khususnya dalam hal jarak, pencahayaan, dan sudut pandang.

Daftar Pustaka:

- Abdiansyah, A., Supena, N., & Tarigan, R. (2022). Karakteristik morfologi bunga kelapa sawit.
- Infosawit. (2024). Penyerbukan buatan: Solusi untuk meningkatkan produksi kelapa sawit.
- Idris, I., & Mayerni, R. (2020). Analisis perkembangan bunga kelapa sawit.
- Jiang, K., Tan, T., Liu, J., & Ribeiro, M. T. (2021). Convolutional neural networks for image classification: A comprehensive review. *Computers*.
- Kuswardani, R. A. (2024). Optimalisasi produksi bahan tanaman unggul kelapa sawit melalui kajian polinasi buatan.
- Mainingsih, F. R., & Aulia, A. F. (2025). Strategi adaptasi petani kelapa sawit pada saat peremajaan sawit di Kabupaten Rokan Hilir Provinsi Riau. *Multilingual: Journal of Universal Studies*, 5(1), 277–296.
- Mardiyah, M. I. (2020). Implementasi deep learning untuk image classification menggunakan algoritma CNN pada citra kebun dan sawah.
- Nurhadi, M. I. (2024). Sistem estimasi massa tandan buah segar kelapa sawit menggunakan citra UAV dengan model random forest regression (Disertasi doctoral, Universitas Hasanuddin).
- Oktafanda, E. (2022). Klasifikasi citra kualitas bibit dalam meningkatkan produksi kelapa sawit menggunakan metode CNN. *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, 72–77.
- Parwati, W. D. U., Nadeak, F. H., & Kautsar, V. (2024). Analisis pertumbuhan dan produktivitas kelapa sawit pada variasi kerapatan tanam. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 105–116.
- Pertiwi, H. (2022). Segmentasi citra hama daun tumbuhan kelapa sawit untuk menentukan populasi telur ulat menggunakan algoritma watershed (Disertasi doctoral, Universitas Islam Riau).
- Perwati, I. G., Suarna, N., & Suprpti, T. (2024). Analisis klasifikasi gambar bunga lily menggunakan metode CNN dalam pengolahan citra. *JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 8(3), 2908–2915.
- Pratama, B. D. (2024). Peningkatan fruit set kelapa sawit dengan metode hatch and carry mobile dengan perlakuan tingkat kemasakan bunga yang berbeda (Disertasi doctoral, Institut Pertanian STIPER Yogyakarta).
- Samuel, S., Prilianti, K. R., Setiawan, H., & Mimboro, P. (2022). Metode deteksi pokok pohon secara otomatis pada citra perkebunan sawit menggunakan model CNN. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 9(7), 1689–1698.
- Sembiring, A. P. (2024). Analisis faktor-faktor yang memengaruhi produksi kelapa sawit perkebunan rakyat.
- Setiyowati, A. A. (2020). Problematika pekerja perempuan di home industri batik tulis Sekar Jagad Gemeksekti Kebumen.
- Sujadi, S., & Supena, N. (2020). Tahap perkembangan bunga dan buah tanaman kelapa sawit. *Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 25(2), 64–71.
- Sulardi. (2022). Perkembangan bunga dan buah pada tanaman kelapa sawit.
- Wijaya, H. A., & Cahyono, N. (2025). Penggunaan algoritma CNN dengan Adam optimizer dalam aplikasi web untuk prediksi jenis kelamin bunga. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(3), 3825–3832.

Halaman ini sengaja dikosongkan