

Klik disini untuk menuliskan kategori naskah

Penggunaan Fitur Warna Cielab Dalam Segmentasi Kematangan Buah Kakao Dengan Algoritma K-Means Clustering

Anwar Rudi Setiawan Rangkuti ¹, Indah Purnama Sari ^{2*}

^{1,2} Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 00 Januari 00
Revisi Akhir: 00 Februari 00
Diterbitkan Online: 00 Maret 00

KATA KUNCI

Kakao; Cielab; K-Means; Clustering

KORESPONDENSI

Phone: +6282347366073
E-mail: indahpurnama@umsu.ac.id

A B S T R A K

Kakao (*Theobroma cacao*) merupakan salah satu komoditas pertanian yang memiliki nilai ekonomi tinggi, terutama di negara-negara penghasil seperti Indonesia. Mengingat pentingnya kualitas buah kakao dalam menentukan cita rasa coklat, pengenalan kematangan buah kakao menjadi aspek krusial dalam proses budidaya dan pengolahan. Kematangan buah kakao dapat dinilai melalui berbagai parameter, termasuk warna, ukuran, dan tekstur. Namun, warna buah kakao menjadi indikator yang paling mudah dan cepat untuk diukur. Dalam konteks ini, model warna Cielab menawarkan keunggulan karena dirancang untuk lebih mendekati persepsi manusia terhadap warna. Cielab membagi warna menjadi tiga komponen: L* (lightness), a* (green-red), dan b* (blue-yellow), yang memungkinkan analisis warna yang lebih halus. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan fitur warna Cielab dalam klasifikasi buah dapat meningkatkan akurasi hingga 15% dibandingkan dengan model RGB. Penelitian ini juga akan mempertimbangkan tantangan yang dihadapi dalam penerapan algoritma K-Means Clustering, seperti pemilihan jumlah cluster yang tepat. Jumlah cluster yang tidak sesuai dapat menyebabkan hasil pengelompokan yang tidak akurat. Oleh karena itu, penelitian ini akan menguji beberapa nilai k (jumlah cluster) untuk menentukan kombinasi yang paling efektif dalam mengidentifikasi kematangan buah kakao. Pengujian yang teliti terhadap parameter algoritma sangat penting untuk mencapai hasil yang optimal dalam klasifikasi

PENDAHULUAN

Kematangan buah kakao dapat dinilai melalui berbagai parameter, termasuk warna, ukuran, dan tekstur. Namun, warna buah kakao menjadi indikator yang paling mudah dan cepat untuk diukur. Dalam konteks ini, model warna Cielab menawarkan keunggulan karena dirancang untuk lebih mendekati persepsi manusia terhadap warna. Cielab membagi warna menjadi tiga komponen: L* (lightness), a* (green-red), dan b* (blue-yellow), yang memungkinkan analisis warna yang lebih halus. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan fitur warna Cielab dalam klasifikasi buah dapat meningkatkan akurasi hingga 15% dibandingkan dengan model RGB (Noval Alan Pambudi, Yosep Agus Pranoto, 2021).

Penelitian ini juga akan mempertimbangkan tantangan yang dihadapi dalam penerapan algoritma K-Means Clustering, seperti pemilihan jumlah cluster yang tepat. Jumlah cluster yang tidak sesuai dapat menyebabkan hasil pengelompokan yang tidak akurat. Oleh karena itu, penelitian ini akan menguji beberapa nilai k (jumlah cluster) untuk menentukan kombinasi yang paling efektif dalam mengidentifikasi kematangan buah kakao. Pengujian yang teliti terhadap parameter algoritma sangat penting untuk mencapai hasil yang optimal dalam klasifikasi (Mahendra et al., 2023).

Kematangan buah kakao merupakan faktor krusial dalam menentukan kualitas biji kakao yang dihasilkan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kematangan secara akurat adalah dengan memanfaatkan fitur warna Cielab, yang mampu memberikan representasi warna yang lebih objektif dibandingkan metode visual

konvensional. Untuk meningkatkan akurasi segmentasi kematangan, algoritma K-Means Clustering sering digunakan dalam pengolahan citra. Algoritma ini mampu mengelompokkan buah kakao berdasarkan perbedaan warna, namun efektivitasnya perlu dibandingkan dengan metode lain untuk memastikan keunggulannya dalam klasifikasi. Selain itu, pemilihan jumlah cluster (nilai k) dalam algoritma ini memiliki pengaruh signifikan terhadap akurasi segmentasi, sehingga perlu ditentukan secara optimal agar hasil yang diperoleh lebih akurat. Meskipun metode ini menjanjikan, terdapat berbagai tantangan dalam penerapannya, seperti variasi warna alami buah kakao, pencahayaan yang beragam, serta kesulitan dalam menentukan parameter algoritma yang tepat. Oleh karena itu, pengembangan metode yang lebih efektif dalam klasifikasi kematangan buah kakao dapat berkontribusi pada peningkatan efisiensi proses panen dan pengolahan, sehingga berdampak positif terhadap kualitas produksi kakao dalam industri cokelat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi penggunaan fitur warna Cielab dalam segmentasi kematangan buah kakao dengan menggunakan algoritma K-Means Clustering. Metode ini diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih akurat dan efisien dalam mengidentifikasi tingkat kematangan buah kakao. Pemilihan fitur warna yang tepat merupakan salah satu faktor kunci dalam klasifikasi kematangan buah, di mana Cielab dianggap lebih representatif dibandingkan model warna lainnya seperti RGB atau HSV.

Dengan memanfaatkan fitur warna Cielab dan algoritma K-Means Clustering, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap metode identifikasi kematangan buah kakao. Penemuan ini tidak hanya akan bermanfaat bagi petani dan produsen kakao, tetapi juga dapat meningkatkan kualitas produk cokelat yang dihasilkan. Penelitian ini juga akan membuka jalan bagi penelitian lebih lanjut mengenai aplikasi teknologi pengolahan citra dalam industri pertanian.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengolahan Citra

Pengolahan citra adalah suatu gambar atau kemiripan dengan suatu objek. Citra analog tidak dapat direpresentasikan dalam komputer, sehingga tidak bisa diproses oleh komputer secara langsung. Tentu agar bias diproses di komputer, citra analog harus dikonversi menjadi citra digital. Citra digital adalah citra yang dapat diolah oleh komputer. Sedangkan citra yang dihasilkan dari peralatan digital (citra digital) langsung bisa diolah oleh komputer. Penyebabnya karena di dalam peralatan digital terdapat sistem sampling dan kuantisasi. Sedangkan peralatan analog tidak dilengkapi ke dalam sistem tersebut. Sistem sampling adalah sistem yang mengubah kontinu menjadi citra digital dengan cara membagi citra analog menjadi M baris dan N kolom, sehingga menjadi citra diskrit. Semakin besar nilai M dan N , semakin halus citra digital yang dihasilkan. Pertemuan antara baris dan kolom tersebut piksel. Sistem kuantisasi adalah sistem yang melakukan pengubahan intensitas analog ke intensitas diskrit, sehingga dengan proses ini dimungkinkan untuk membuat gradasi warna sesuai dengan kebutuhan. Kedua sistem inilah yang bertugas untuk memotong-motong citra menjadi M baris dan N kolom (proses sampling) sekaligus menentukan besar intensitas yang terdapat di titik tersebut (proses kuantisasi), sehingga menghasilkan resolusi citra yang diinginkan (Jatmika et al., 2020).

Ruang Warna Cielab

Ruang warna CIELAB yang juga dikenal sebagai CIELAB adalah ruang warna yang ditetapkan oleh komisi internasional tentang iluminasi warna (French Commission Internationale de l'éclairage, dikenal dengan sebutan CIE), dimana mampu menggambarkan semua warna yang dapat dilihat oleh mata manusia (Rulaningtyas et al., 2015). CIELAB merupakan model warna yang dirancang untuk menyerupai luminance (pencahayaan), a dan b sebagai dimensi kromatisitas (komunikasi Warna Presisi, 2016). L^* :0 (hitam); 100 (putih) menyatakan cahaya pantul yang menghasilkan warna akromatik putih, abu-abu dan hitam. Notasi a^* : warna kromatik campuran merah hijau dengan nilai $+a^*$ (positif) dari 0 sampai +80 untuk warna merah nilai $-a^*$ (negatif) dari 0 sampai 80 untuk warna hijau. Notasi b^* : warna kromatik campuran birukuning dengan nilai $+b^*$ (positif) dari 0 sampai +70 untuk warna kuning dan nilai $-b^*$ (negatif) dari 0 sampai -70 untuk warna biru (Noval Alan Pambudi, Yosep Agus Pranoto, 2021).

K-Means Clustering

K-Means merupakan metode penganalisaan data pada Data Mining dimana proses pemodelan tanpa supervisi dan merupakan salah satu metode yang mengelompokkan data secara partisi. Pada metode K-Means data dikelompokkan menjadi beberapa kelompok dimana setiap kelompok mempunyai karakteristik yang mirip atau sama dengan lainnya namun dengan kelompok lainnya memiliki karakteristik yang berbeda. Metode ini meminimalisasi perbedaan antar data di dalam satu cluster serta memaksimalkan perbedaan dengan cluster yang lain (Yunita, 2018). K-means merupakan salah satu metode data clustering non hirarki. Metode ini bertujuan untuk, pengelompokan data yang ada ke dalam kelompok cluster. Data-data yang memiliki karakteristik yang sama dikelompokkan dalam satu cluster yang lain sehingga data yang berada dalam satu cluster kelompok memiliki tingkat variasi yang kecil (Noval Alan Pambudi, Yosep Agus Pranoto, 2021).

METODOLOGI

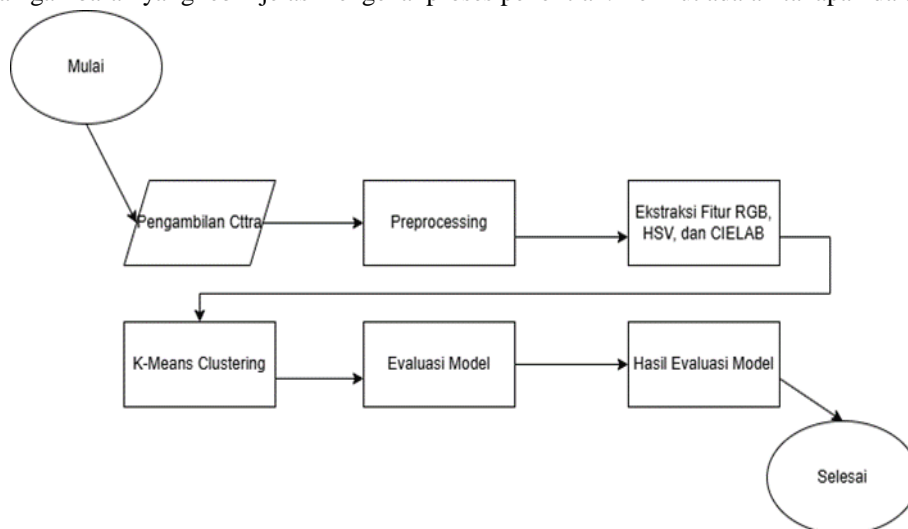
Desain Penelitian

Desain penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan fitur warna CIELAB dalam segmentasi kematangan buah kakao melalui algoritma K-Means Clustering. Penelitian akan dilakukan dengan mengumpulkan data dari lokasi perkebunan kakao yang berada di daerah di Kabupaten Deli Serdang Kecamatan Sibiru-biru. Data yang dikumpulkan akan mencakup sampel buah kakao yang memiliki berbagai tingkat kematangan. Menurut data dari International Cocoa Organization (ICCO), produksi kakao global mencapai sekitar 4,7 juta ton pada tahun 2020, dengan Indonesia sebagai salah satu produsen utama. Oleh karena itu, penting untuk memahami dan mengembangkan metode yang efektif dalam menentukan kematangan buah kakao guna meningkatkan kualitas dan hasil panen.

Penggunaan fitur warna CIELAB diharapkan dapat memberikan representasi yang lebih akurat terhadap warna buah kakao dibandingkan dengan model warna lain seperti RGB. CIELAB dirancang untuk mendekati persepsi manusia terhadap warna, sehingga dapat membantu dalam proses klasifikasi. Penelitian ini akan menggunakan perangkat lunak analisis citra untuk mengonversi gambar buah kakao ke dalam ruang warna CIELAB, yang kemudian akan dianalisis menggunakan algoritma K-Means Clustering. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa K-Means Clustering efektif digunakan dalam segmentasi citra, dengan akurasi yang dapat mencapai 90%. Dengan memanfaatkan algoritma ini, diharapkan dapat diperoleh pengelompokan yang jelas antara buah kakao yang matang dan yang belum matang.

Alur Penelitian

Alur penelitian ini mencakup beberapa tahapan penting yang disusun secara sistematis untuk memastikan setiap proses berjalan dengan baik dan menghasilkan data yang valid. Tahapan-tahapan ini akan dijelaskan dalam bentuk diagram alur untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai proses penelitian. Berikut adalah tahapan dalam penelitian ini:

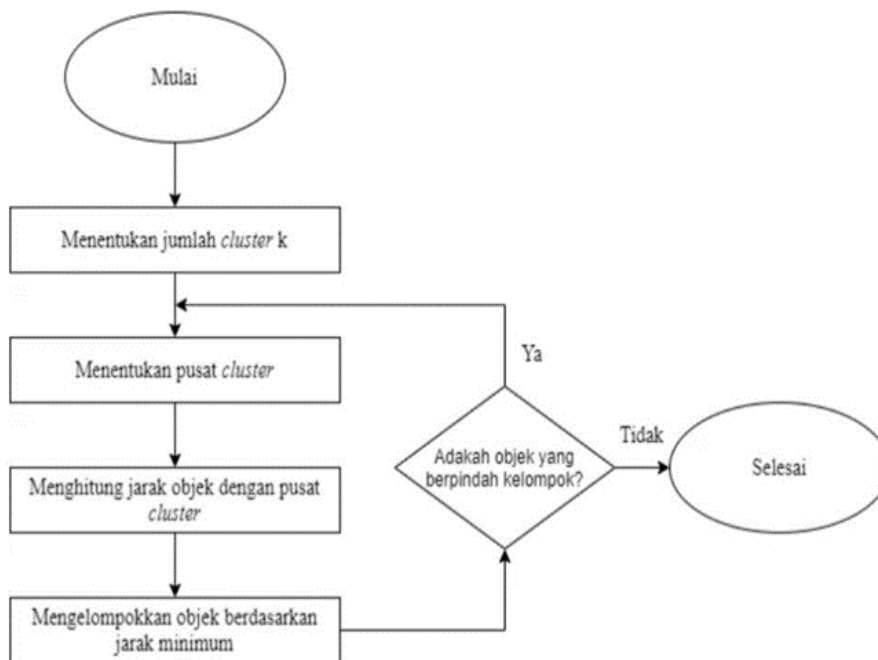


Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

K-Means Clustering

Pada tahap ini, fitur yang telah diekstraksi digunakan untuk mengelompokkan data menggunakan K-Means Clustering Langkah- langkahnya:

1. Menentukan Jumlah Kluster (K) Metode seperti Elbow Method dan Silhouette Score digunakan untuk mencari jumlah kluster optimal.
2. Inisialisasi Centroid, Centroid awal dapat dipilih secara acak atau menggunakan K-Means++ untuk menghindari kesalahan dalam pemilihan centroid awal.
3. Iterasi Klasterisasi, Setiap data dihitung jaraknya ke centroid terdekat menggunakan Euclidean Distance. Data dikelompokkan ke kluster dengan jarak terdekat. Centroid diperbarui berdasarkan rata-rata posisi anggota kluster.
4. Konvergensi, Proses iterasi berhenti jika centroid tidak mengalami perubahan signifikan atau telah mencapai jumlah iterasi maksimum yang ditentukan.



Gambar 2. Flowchart K-Means Clustering

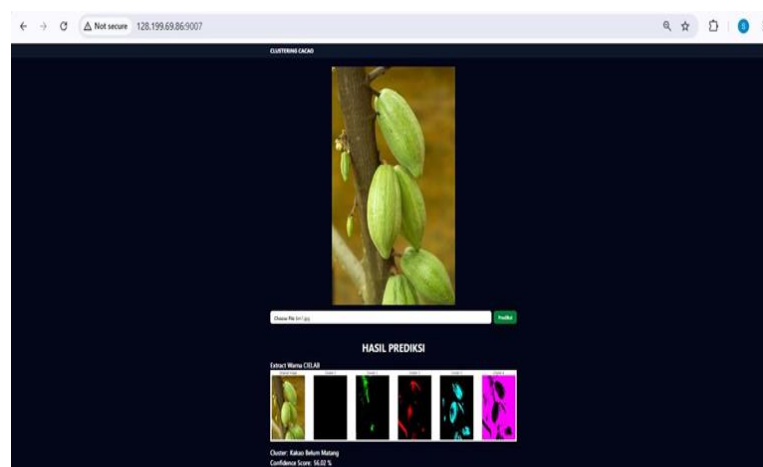
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Model

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan aplikasi dalam mengidentifikasi dan mengelompokkan gambar buah kakao ke dalam kategori matang, belum matang, dan bukan kakao. Gambar yang digunakan dalam pengujian ini mewakili kondisi visual yang beragam, baik dari segi warna, pencahayaan, maupun objek. Melalui pengujian ini, diharapkan sistem dapat menunjukkan akurasi serta ketepatannya dalam mengklasifikasikan gambar berdasarkan fitur warna yang dianalisis oleh algoritma K-Means Clustering dalam ruang warna CIELAB. Hasil dari pengujian ini akan menjadi dasar untuk menilai sejauh mana aplikasi dapat diandalkan dalam proses segmentasi dan identifikasi kematangan buah kakao secara otomatis.

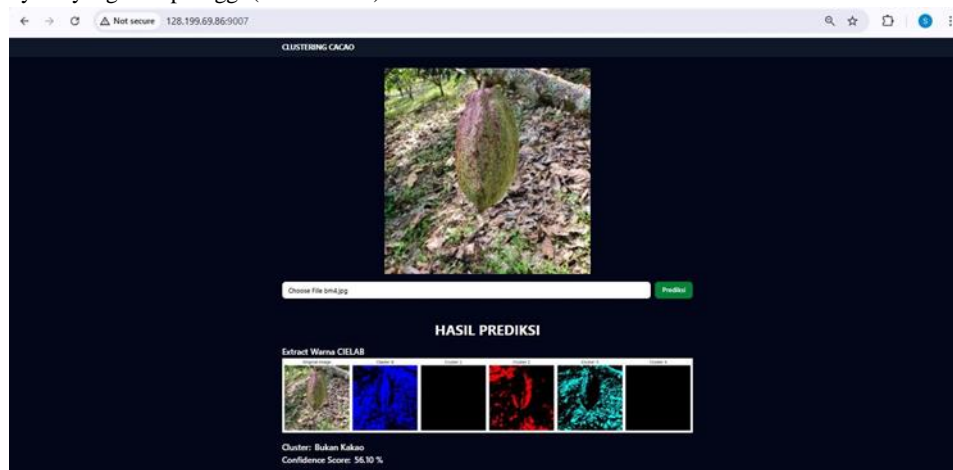
Sebagai langkah lanjutan, dilakukan pengujian sistem terhadap enam gambar uji yang belum pernah dikenali sebelumnya. Gambar-gambar tersebut terdiri dari beberapa buah kakao dalam berbagai tingkat kematangan, serta beberapa gambar yang bukan merupakan buah kakao. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mengklasifikasikan citra berdasarkan fitur warna yang telah dipelajari selama pelatihan, serta untuk mengetahui apakah sistem mampu mengenali gambar yang tidak sesuai dengan kategori kakao (bukan kakao). Hasil dari pengujian ini akan dianalisis berdasarkan output klasifikasi dan nilai kepercayaan (confidence score) yang dihasilkan oleh sistem. Adapun hasil dari pengujian model pada web adalah sebagai berikut :

1. Belum Matang

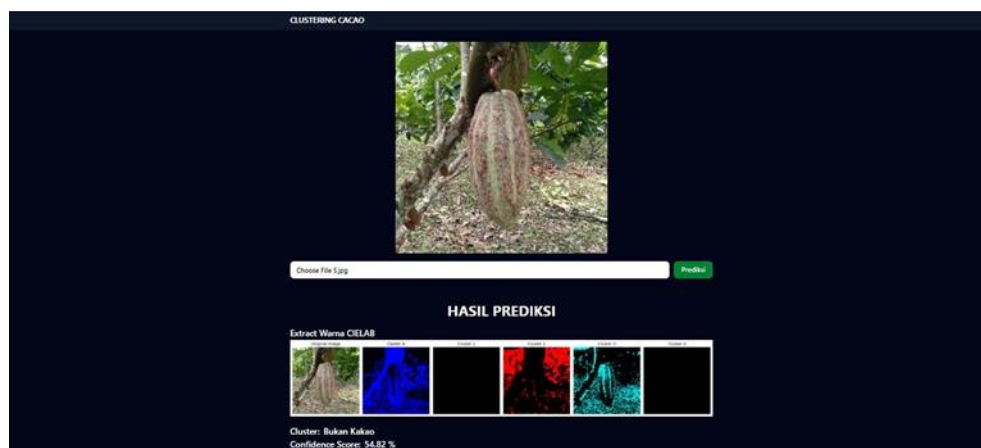


Gambar 3. Pengujian Pertama Kakao Belum Matang

Model mampu mengklasifikasikan buah kakao yang belum matang dengan benar pada gambar pertama. Ini menunjukkan bahwa untuk kondisi warna hijau segar dan bentuk khas buah muda, model dapat mengenali kategori "Kakao Belum Matang" dengan tingkat kepercayaan yang cukup tinggi (sekitar 56%).



Gambar 4. Pengujian Kedua Kakao Belum Matang

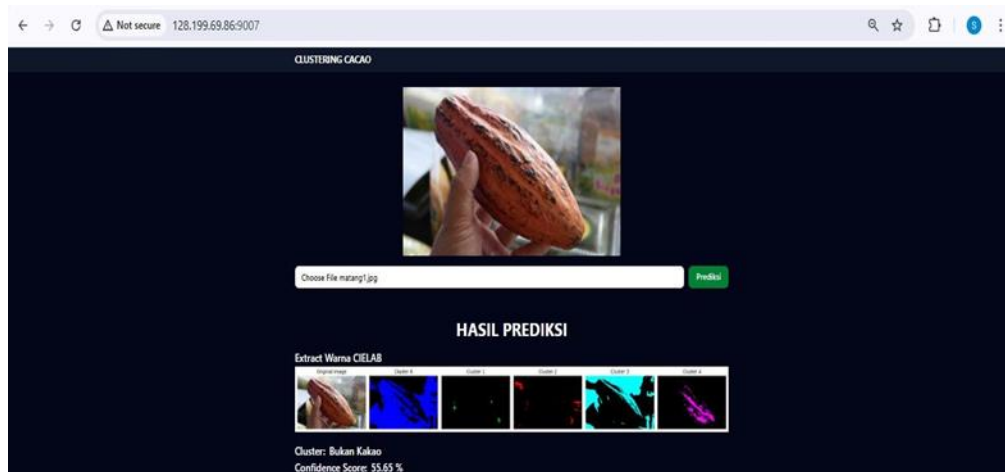


Gambar 5. Pengujian Ketiga Kakao Belum Matang

Gambar kedua dan ketiga yang juga menampilkan buah kakao namun dalam kondisi atau sudut yang tidak umum, model justru salah mengklasifikasikannya sebagai "Bukan Kakao". Hal ini mengindikasikan bahwa model memiliki keterbatasan dalam mengenali variasi visual buah kakao yang sedikit berbeda dari data pelatihan awal.

Dari ketiga pengujian dapat disimpulkan bahwa model gagal dalam 2 dari 3 pengujian (akurasi sekitar 33%), yang menunjukkan bahwa performa model saat ini masih rendah dan belum dapat diandalkan untuk klasifikasi yang akurat terhadap buah kakao.

2. Matang



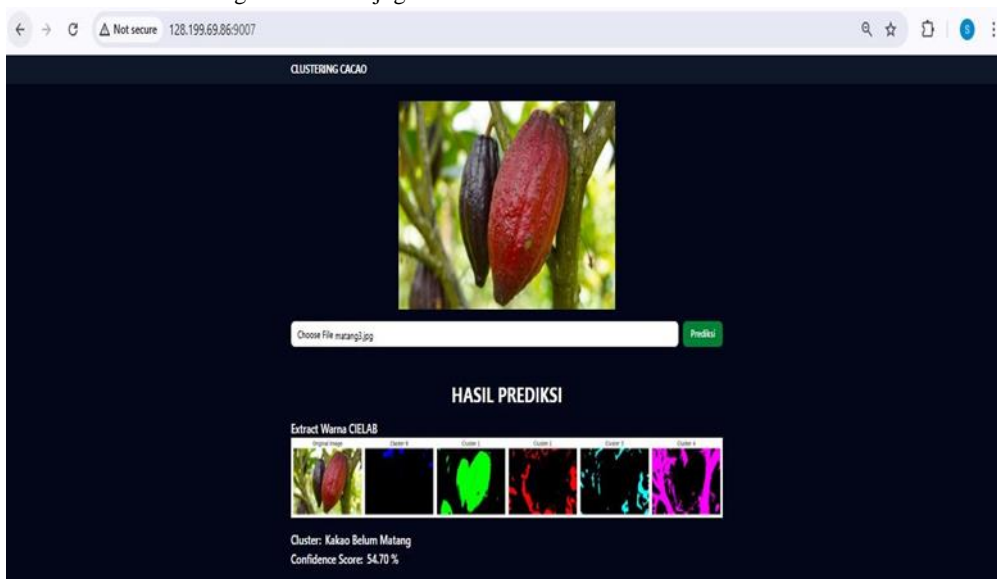
Gambar 6. Pengujian Pertama Kakao Matang

Pada gambar keempat, buah kakao yang tampak matang malah diklasifikasikan sebagai "Kakao Belum Matang". Ini menandakan adanya ambiguitas pada model dalam membedakan tingkat kematangan, kemungkinan karena kemiripan warna antara buah matang dan belum matang yang tidak tersegmentasi dengan jelas pada fitur warnanya.



Gambar 7. Pengujian Kedua Kakao Matang

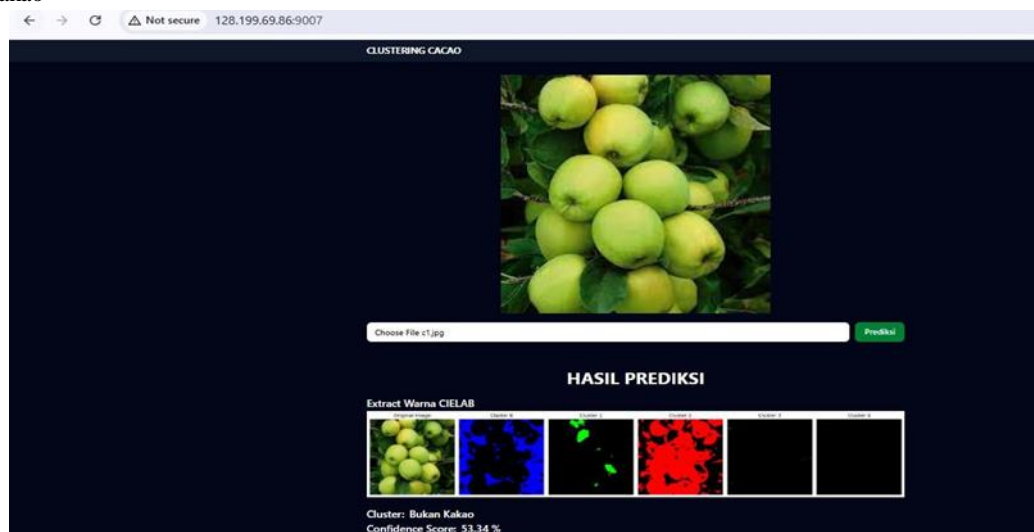
Serupa dengan sebelumnya, model kembali memprediksi "Bukan Kakao" dengan confidence 54.17%, meskipun buah yang ditampilkan adalah kakao matang. Prediksi ini juga tidak akurat.



Gambar 8. Pengujian Ketiga Kakao Matang

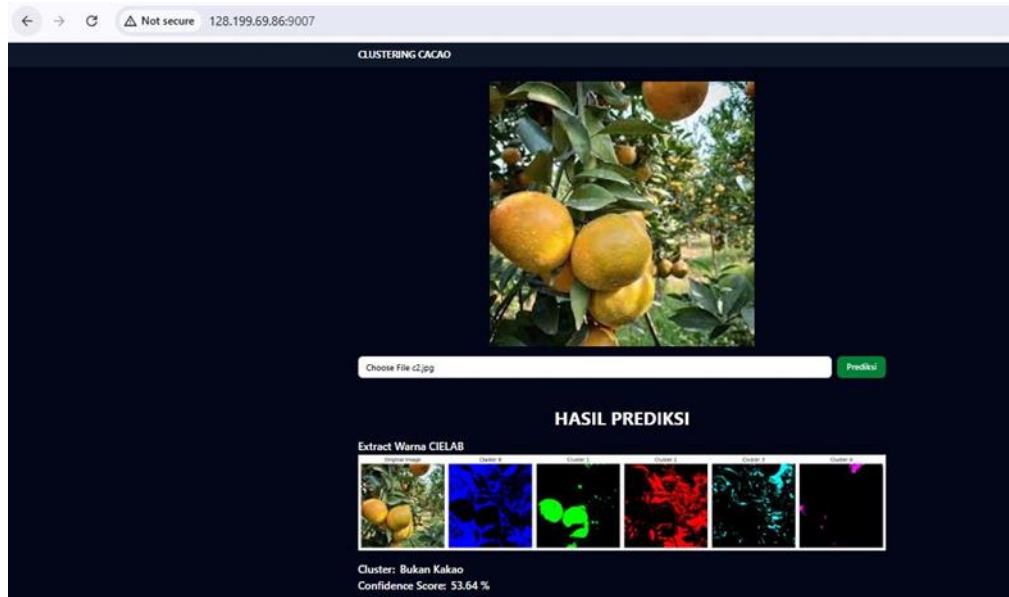
Buah adalah kakao, dengan bentuk khas dan permukaan bergaris. Model mengeluarkan hasil "Kakao Belum Matang" dengan confidence 54.70%, padahal objek adalah kakao matang.

3. Bukan Kakao



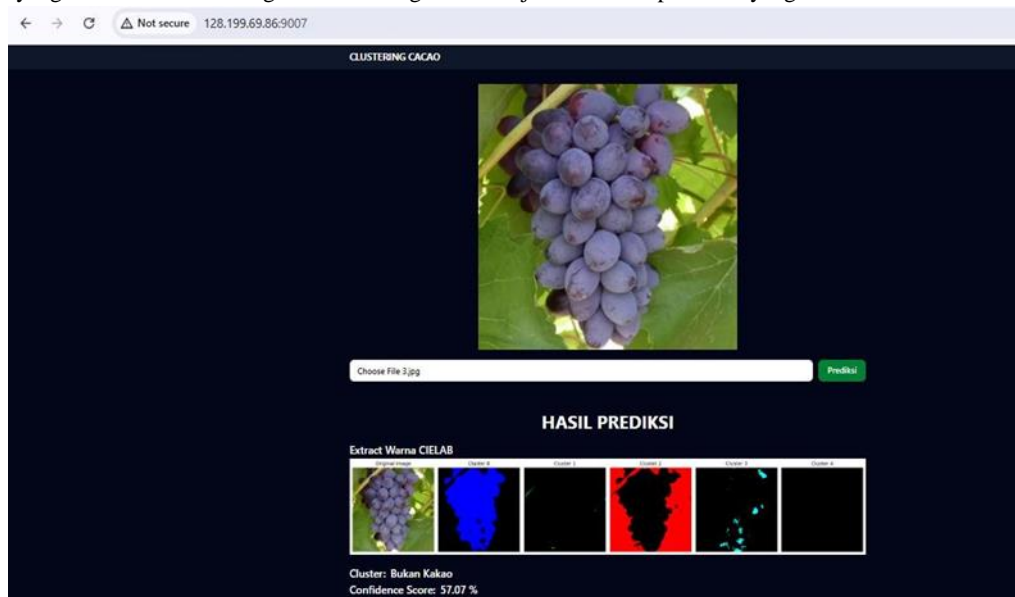
Gambar 9. Pengujian Pertama Bukan Kakao

Model berhasil mengklasifikasikan dengan tepat bahwa objek bukan kakao. Warna dominan hijau serta bentuk bulat tidak sesuai dengan karakteristik buah kakao. Confidence score sebesar 53.34% mendukung klasifikasi ini meskipun tidak terlalu tinggi.



Gambar 10. Pengujian Kedua Bukan Kakao

Objek juga berhasil diklasifikasikan sebagai bukan kakao, dengan confidence score 53.64%. Warna jingga dan struktur permukaan yang lebih halus dibanding kakao kemungkinan menjadi indikator pembeda yang dikenal model.



Gambar 11. Pengujian Ketiga Bukan Kakao

Dapat dikenali dengan baik sebagai bukan kakao. Meskipun bentuk bulat kecil dan warna gelap bisa membingungkan model, namun prediksi tepat dengan confidence score cukup tinggi 57.07%, menandakan keandalan dalam membedakan struktur buah berbentuk bergerombol.

Tabel 1. Ringkasan Prediksi Gambar

No	Hasil Prediksi	Confidence Score	Ground Truth	Keterangan Prediksi
1	Kakao Belum Matang	56.02%	Kakao Belum Matang	Benar
2	Bukan Kakao	56.10%	Kakao Belum Matang	Salah
3	Bukan Kakao	54.37%	Kakao Belum Matang	Salah
4	Bukan Kakao	55.65%	Kakao Matang	Salah
5	Bukan Kakao	54.47%	Kakao Matang	Salah
6	Kakao Belum Matang	54.37%	Kakao Matang	Salah
7	Bukan Kakao	53.34%	Bukan Kakao	Benar
8	Bukan Kakao	53.64%	Bukan Kakao	Benar
9	Bukan Kakao	57.07%	Bukan Kakao	Benar

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas fitur warna CIELAB dalam klasifikasi kematangan buah kakao dengan algoritma K-Means Clustering. Berdasarkan hasil pengujian terhadap sembilan gambar uji, model hanya berhasil mengklasifikasikan empat gambar dengan benar, menghasilkan tingkat akurasi sebesar 44,44%. Hasil yang benar terdiri atas satu gambar kakao belum matang dan tiga gambar buah bukan kakao. Namun, model gagal mengidentifikasi semua gambar kakao matang dengan tepat. Bahkan, satu gambar kakao matang diprediksi sebagai “Kakao Belum Matang”, sementara dua lainnya justru diklasifikasikan sebagai “Bukan Kakao”. Selain itu, dari tiga gambar kakao belum matang, hanya satu yang dikenali dengan benar, sedangkan dua lainnya juga diprediksi sebagai “Bukan Kakao”. Ini menunjukkan bahwa model memiliki kelemahan mendasar dalam membedakan antara kakao dan non-kakao, serta dalam menentukan tingkat kematangan buah kakao itu sendiri. Model justru menunjukkan performa paling stabil saat mengenali buah bukan kakao, di mana seluruh gambar kategori ini diprediksi dengan benar. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan fitur warna CIELAB yang diproses dengan K-Means Clustering tidak cukup andal untuk klasifikasi tingkat kematangan buah kakao secara akurat. Ketergantungan pada fitur warna semata tidak mampu mengakomodasi variasi visual buah kakao matang yang cenderung kompleks, baik dari segi warna, pencahayaan, maupun tekstur. Selain itu, pendekatan unsupervised yang digunakan tidak memberikan jaminan bahwa hasil kluster sesuai dengan label ground truth, terutama dalam konteks pengelompokan tingkat kematangan buah. Karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih kompleks dan menyeluruh, baik dari segi fitur maupun metode klasifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

- [1] Rolly Junius Lontaan Muhammad Fairuzabadi, Indah Purnama Sari Imam Ekowicaksono, Fatimah Nur Arifah Rahman Indra Kesuma, Nizirwan Anwar Andika Setiawan. Deep Learning untuk Pemula: Memahami Algoritma, Tools, dan Masa Depan AI. Medan: Yayasan Kita Menulis 1,2025,pp. 150
- [2] Binastya Anggara Sekti, Indah Purnama Sari, Fanny Ramadhani, Andy Satria, Pasnur Pasnur, Sitti Harlina, Purwa Hasan Putra, Sitti Aisa, Nizirwan Anwar, Samuel Hasudungan Tampubolon, Siti Sundari, Muhammad Noor Hasan Siregar, Wilsen Grivin Mokodaser, Janner Simarmata, Annahl Riadi, Baso Ali, Semmy Wellem Taju, Nirsal Nirsal. Pengantar Kecerdasan Buatan untuk Pemula. Medan: Yayasan Kita Menulis, pp.350.
- [3] Indah Purnama Sari. Algoritma dan Pemrograman. Medan: UMSU Press, 2023, pp. 290.
- [4] Indah Purnama Sari. Buku Ajar Pemrograman Internet Dasar. Medan: UMSU Press, 2022, pp. 300.
- [5] Indah Purnama Sari. Buku Ajar Rekayasa Perangkat Lunak. Medan: UMSU Press, 2021, pp. 228.

- [6] Janner Simarmata Arsan Kumala Jaya, Syarifah Fitrah Ramadhani, Niel Ananto, Abdul Karim, Betrisandi, Muhammad Ilham Alhari, Cucut Susanto, Suardinata, Indah Purnama Sari, Edson Yahuda Putra. *Komputer dan Masyarakat*. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.162.
- [7] Mahdianta Pandia, Indah Purnama Sari, Alexander Wirapraja Fergie Joanda Kaunang, Syarifah Fitrah Ramadhani Stenly Richard Pungus, Sudirman, Suardinata Jimmy Herawan Moedjahedy, Elly Warni, Debby Erce Sondakh. *Pengantar Bahasa Pemrograman Python*. Medan : Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.180
- [8] Zelvi Gustiana Arif Dwinanto, Indah Purnama Sari, Janner Simarmata Mahdianta Pandia, Supriadi Syam, Semmy Wellem Taju Fitrah Eka Susilawati, Asmah Akhriana, Rolly Junius Lontaan Fergie Joanda Kaunang. *Perkembangan Teknologi Informatika*. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.158
- [9] Muhammad Hibrian Wiwi, Indah Purnama Sari, Sudirman Sudirman, Ramli Ramli, Sitti Arni, Eka Rahayu, Janner Simarmata, Boni Oktaviana, Raemon Syaljumairi, Muharman Lubis. *Basis Data Terapan*. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2025.
- [10] Ari Usman Muhammad Fairuzabadi, Indah Purnama Sari, Sudirman Berti Sari Br Sembiring, Cucut Susanto, Fera Damayanti Ayu Lestari Perdana, Wiranti Kusuma Hapsari. *Sistem Pakar : Konsep, Model Dan Implementasi*. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.172

Jurnal

- [11] Catur Utami, D., Nur Azizah, A., & Nur Azizah, A. (2023). HUBUNGAN STATUS GIZI DENGAN PERKEMBANGAN BALITA USIA 1-5 TAHUN DI
- [12] WILAYAH KERJA PUSKESMAS KUTASARI. *Avicenna : Journal of Health Research*, 6(1), 28–35. <https://doi.org/10.36419/avicenna.v6i1.820>
- [13] Dwinanto, R. W., Sandi A, A. S., & Ardianto, R. (2024). Klasifikasi Berisiko Stunting pada Balita: Perbandingan K-Nearest Neighbor, Naïve Bayes, Support Vector Machine. *METHOMIKA Jurnal Manajemen Informatika Dan Komputerisasi Akuntansi*, 8(2), 264–273. <https://doi.org/10.46880/jmika.Vol8No2.pp264-273>
- [14] F. Maulidina, Z. Rustam, S. Hartini, V. V. P. Wibowo, I. Wirasati, and W. Sadewo, “Feature optimization using Backward Elimination and Support Vector Machines (SVM) algorithm for diabetes classification,” in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Mar. 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1821/1/012006.
- [15] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A.K., & Batubara, I.H. (2021). Cluster Analysis Using K-Means Algorithm and Fuzzy C-Means Clustering For Grouping Students' Abilities In Online Learning Process. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering*, Vol. 2 No. 1, page 139-144
- [16] Sari, I.P., Batubara, I.H., & Al-Khowarizmi, A.K. (2021). Sensitivity Of Obtaining Errors In The Combination Of Fuzzy And Neural Networks For Conducting Student Assessment On E-Learning. *International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects)*, Vol. 2 No. 1, page 331- 338
- [17] Sari, I.P., Fahroza, M.F., Mufit, M.I., & Qathrunad, I.F. (2021). Implementation of Dijkstra's Algorithm to Determine the Shortest Route in a City. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering*, Vol. 2 No. 1, page 134-138
- [18] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A.K., Ramadhani, F., & Sulaiman, O.K. (2023). Implementation of the Selection Sort Algorithm to Sort Data in PHP Programming Language. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering*, Vol. 4 No. 1, page 377-381
- [19] Manurung, A.A., Nasution, M.D., & Sari, I.P. (2023). Implementation of Fuzzy K-Nearest Neighbor Method in Dengue Disease Classification. *2023 11th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*
- [20] Ramadhani, F., Satria, A., & Sari, I.P. (2023). Implementasi Metode Fuzzy K-Nearest Neighbor dalam Klasifikasi Penyakit Demam Berdarah. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer 2 (2)*, 58-62
- [21] Sari, I.P., Batubara, I.H., Ramadhani, F., & Wardani, S. (2022). Perancangan Sistem Antrian pada Wahana Hiburan dengan Metode First In First Out (FIFO). *Sudo Jurnal Teknik Informatika 1 (3)*, 116-123
- [22] Az-Zahrah., A, & Sari., I.P. (2024). Perbandingan Sistem Prediksi Menggunakan Metode Monte Carlo dengan Metode K-NN pada Nilai Peserta Didik Uji Kompetensi Kejuruan. *sudo Jurnal Teknik Informatika 3 (3)*, 127-135
- [23] Ramadhani, F., Satria, A., & Sari, I.P. (2022). Aplikasi internet berbasis website sebagai E-Commerce penjualan komponen sport car. *Blend Sains Jurnal Teknik 1 (2)*, 69-75
- [24] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A., & Ramadhani, F. (2021). User Interface Prototype Using User Centered System Design Method in Motorvice Information System. *2021 International Conference on Computer Science and Engineering (IC2SE) 1*, 1-6
- [25] Ramadhani, F., Al-Khowarizmi, A.K., & Sari, I.P. (2021). Improving the Performance of Naïve Bayes Algorithm by Reducing the Attributes of Dataset Using Gain Ratio and Adaboost. *2021 International Conference on Computer Science and Engineering (IC2SE) 1*, 1-5

- [26] Sitompul, D.N., Rahmatika, A., & Sari, I.P. (2023). Application of The Sales and Purchase Program Using The Rapid Application Development Model. *Al'adzkiya International of Computer Science and Information Technology (AIOCSIT) Journal*, Vol. 4 No. 1, page 6-16
- [27] Sari, I.P., Ramadhani, F., Satria, A., & Apdilah, D. (2023). Implementasi Pengolahan Citra Digital dalam Pengenalan Wajah menggunakan Algoritma PCA dan Viola Jones. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer* 2 (3), 146-157
- [28] Batubara, I.H., Sari, I.P., Siregar, E.F.S., & Lubis, B.S. (2021). Meningkatkan Kemampuan Penalaran Matematika Melalui Metode Penemuan Terpandu Berbantuan Software Autograph. *Seminar Nasional Teknologi Edukasi Sosial dan Humaniora* 1 (1), 699-705
- [29] Apdilah, D., & Sari, I.P. (2021). Optimization Of The Fuzzy C-Means Cluster Center For Credit Data Grouping Using Genetic Algorithms. *Al'adzkiya International of Computer Science and Information Technology (AIOCSIT) Journal*, Vol. 2 No. 2, page 156-163
- [30] Sulaiman, O.K., & Sari, I.P. (2021). Implementation Data Mining For Level Analysis Traffic Violation By Algorithm Association Rule. *Al'adzkiya International of Computer Science and Information Technology (AIOCSIT) Journal*, Vol. 2 No. 2, page 128-135
- [31] Sari, I.P., Hariani, P.P., Al-Khowarizmi, A.K., Ramadhani, F., Sulaiman, O.K., Satria, A., & Manurung, A.A. (2024). CLUSTERING HIV/AIDS DISEASE USING K-MEANS CLUSTERING ALGORITHM. *Proceeding International Seminar on Islamic Studies*. Vol. 5, No. 1 (2024), 1668-1676
- [32] Sari, I.P., Ramadhani, F., Satria, A., & Sulaiman, O.K. (2023). Leukocoria Identification: A 5-Fold Cross Validation CNN and Adaboost Hybrid Approach. *2023 6th International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)*. 486-491
- [33] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A.K., Sulaiman, O.K., & Apdilah, D. (2023). Implementation of Data Classification Using K-Means Algorithm in Clustering Stunting Cases. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering*, Vol. 4 No. 2, page 402-412
- [34] Sari, I.P., Batubara, I.H., Al-Khowarizmi, A., & PP Hariani. (2022). Perancangan Sistem Informasi Pengelolaan Arsip Digital Berbasis Web untuk Mengatur Sistem Kearsipan di SMK Tri Karya. *Wahana Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat* 1 (1), 18-24
- [35] Habibi, F., Qathrunada, I.F., & Anggraini, T. (2023). "Design and Build a Tourism Website Using Shopify Framework". *Hanif Journal of Information Systems*. Vol. 1 No. 1, 2023.
- [36] Sari, I.P., A Syahputra, N Zaky, RU Sibuea, & Z Zakhir. (2022). Perancangan sistem aplikasi penjualan dan layanan jasa laundry sepatu berbasis website. *Blend sains jurnal teknik* 1 (1), 31-37
- [37] Sari, I.P., A Azzahrah, FQ Isnaini, L Nurkumala, & A Thamita. (2022). Perancangan sistem absensi pegawai kantor secara online pada website berbasis HTML dan CSS. *Blend sains jurnal teknik* 1 (1), 8-15
- [38] Septiana, D. (2024). Forecasting Rice Prices with Holt-Winter Exponential Smoothing Model. *Hanif Journal of Information Systems*. Vol. 1 No. 2, 2024.
- [39] Sari, I.P., & Ramadhani, F. (2021). Pengaruh Teknologi Informasi Terhadap Kewirausahaan Pada Aplikasi Perancangan Jual Beli Jamu Berbasis WEB. *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan* 2 (1), 874-878.
- [40] Satria, A, Ramadhani, F, & Sari, I.P. (2023). Rancang Bangun Sistem Informasi Penerimaan Peserta Didik Baru (PPDB) Sekolah Menengah Kejuruan Telkom 2 Medan Menggunakan Codeigniter. *Wahana Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat* 2 (1), 23-31
- [41] Sari, I.P., A Jannah, AM Meuraxa, A Syahfitri, & R Omar. (2022). Perancangan Sistem Informasi Penginputan Database Mahasiswa Berbasis Web. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer* 1 (2), 106-110.
- [42] Mahardika, F, & Abdillah, M.L. (2024). Design of Unified Modeling Language Information System for Motorcycle Unit Selling and Buying Transactions using the Waterfall Method. *Hanif Journal of Information Systems*. Vol. 1 No. 2, 2024.
- [43] Sari, I.P, & Batubara, I.H. (2021). Perancangan Sistem Informasi Laporan Keuangan Pada Apotek Menggunakan Algoritma K-NN. *Seminar Nasional Teknologi Edukasi dan Humaniora (SiNTESa)* 1 (2021 - ke 1
- [44] Sari, I.P, & Batubara, I.H. (2021). User Interface Information System for Using Account Services (Joint Account) WEB-Based. *International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects)*, 462-469
- [45] Sari, I.P, Al-Khowarizmi, A, & Batubara, I.H. (2021). Implementasi Aplikasi Mobile Learning Sistem Manajemen Soal dan Ujian Berbasis Web Pada Platform Android. *IHSAN: JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT* 3 (2), 178-183
- [46] Mudafri, H.A. (2024). Design of a Web-Based Coffeeshop Ordering Information System. *Hanif Journal of Information Systems*. Vol. 1 No. 2, 2024.

- [47] Sari., I.P, Hariani., P.P, Satria., A, & Manurung., A.A. (2023). Rancang Bangun Sistem Informasi Pengelolaan Arsip Materi Ajar Berbasis Web untuk Guru MAS Darul Falah. *Wahana Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat* 2 (2), 59-65
- [48] Ramadhani., F, & Sari., I.P. (2021). Pemanfaatan Aplikasi Online dalam Digitalisasi Pasar Tradisional di Medan. *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan* 2 (1), 806-811
- [49] Sari., I.P, Sulaiman., O.K, & Apdillah, D. (2024). Rancang Bangun Game Zombie Menggunakan Kodular Berbasis Android. *Jurnal Minfo Polgan* 13 (1), 293-302
- [50] Ichsan., A, Siambaton., M.Z, & Nasution., K. (2023). "Android-Based Practical Work Student Registration Form Application System Design". *Hanif Journal of Information Systems*. Vol. 1 No. 1, 2023.
- [51] Sari., I.P, Sulaiman., O.K, Ramadhani., F, & Satria., A. (2023). Perancangan Sistem Manajemen Surat Berbasis Web Pada Kantor Camat Tano Tombangan Angkola. *INCODING: Journal of Informatics and Computer Science Engineering* 3 (2), 61-76.
- [52] Jannah., A, Meuraxa., A.M, & Azzahrah., A. 2023. "Web Based E-Commerce System Design at EXO Shop Using The Waterfall Method". *Hanif Journal of Information Systems*. Vol. 1 No. 1, 2023.
- [53] Sari., I.P, Al-Khowarizmi., A, , Jannah., A, Meuraxa., A.M, & Tanjung., M.I. (2023). Web-Based Offline Game Suit Design: A Model Overview. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering* 4 (2), 389-394.
- [54] Guntur., S, Ichsan., A, & Sari., I.P. (2024). Designing a Web-Based Mail Management System at the Beringin Helvetia Sub-district Office. *Altafani: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 1 (1)
- [55] Sari., I.P, Sulaiman., O.K, Al-Khowarizmi., A, & Azhari., M. (2023). Perancangan Sistem Informasi Pelayanan Masyarakat pada Kelurahan Sipagimbar dengan Metode Prototype Berbasis Web. *Blend Sains Jurnal Teknik* 2 (2), 125-134.
- [56] Hutasuhut., B.K, Sari., I.P, & Al-Khowarizmi, A.K. (2023). Analysis the Effect of Digitalization and Technology on Web-Based Entrepreneurship. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering*
- [57] Dongoran., D, & Sari., I.P. (2024). Implementasi Klasifikasi Data Tracer Study Pada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Dengan Pemanfaatan Data Mining Menggunakan Kombinasi Algoritma Support Vector Machine. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer* 4 (1), 12-24
- [58] Sari., I.P, Azis., Z, & Hasibuan., A.R. (2025). ANALYSIS OF RON 92 OIL BASED ON MORPHOLOGY AND HISTOGRAM TECHNIQUES. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan* 19 (2), 1341-1352
- [59] Aqta., D.P, & Sari., I.P. (2025). Evaluasi Keefektifan Teknik Morfologi dan Histogram Citra Digital pada Minyak RON 92 di SPBU Pertamina Medan Tembung. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer* 3 (4), 161-170
- [60] Yusuf., M, & Sari., I.P. (2025). Sistem Pakar Mencegah Stunting dengan Menentukan Gizi Anak Menggunakan Natural Language Processing (NLP). *Jurnal JTik (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)* 9 (3), 924-934
- [61] Sari., I.P, Sulaiman., O.K, & Apdilah., D. (2025). Penerapan Sistem Pakar Diagnostik Penyakit Kelapa Sawit sebagai Solusi bagi Petani dalam Meningkatkan Produktivitas Perkebunan. *CivicAction: Jurnal Pengabdian dan Inovasi Masyarakat* 1 (1), 8-17