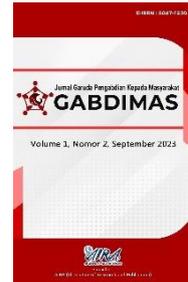


Design of a Palm Fruit Ripeness Detection Tool Using Image Processing Methods Based on Color Composition

Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kematangan Buah Sawit Dengan Menggunakan Metode Image Processing Berdasarkan Komposisi Warna



Melani Alka Syahira, Miftahul Khoiriah, Rina Syafiddini Harahap

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara; Medan; 20353; Indonesia;

*Correspondence: chintyaanggraini02@gmail.com

Abstract: The use of digital images is very important to determine the maturity of palm fruit by utilizing the existing system. With the digital image, to determine the maturity of palm fruit based on color can be done by computing (technology-based), namely by applying image processing using the HSV (Hue, Saturation, Value) color space transformation method. The HSV (Hue, Saturation, Value) color model groups the intensity components of the carried color information (hue and saturation) in the color of the image. The classification of oil palm fruit maturity from testing 30 samples of oil palm fruit images can be seen from the range of Hue values. Extraction of RGB to HSV values on the oil palm fruit skin produces two classifications of Hue range values, namely yellowish black with a Hue value (0.25604 - 0.59155) for unripe palm, and dark red orange with a Hue value (0.06511 - 0.12985) for ripe palm. The results of ripeness detection can be seen in each test with a percentage value of 100% for the mature palm fruit category, 100% for the raw palm fruit category. The percentage value for testing the entire data has a good percentage value which is influential in detecting palm oil maturity, which is 100%. So it can be concluded that the detection of palm fruit maturity can be done by applying the HSV color space transformation method.

Keywords: Palm Fruit; HSV color space transformation; Image Processing.

Abstrak: Pemanfaatan citra digital sangat penting untuk mengetahui kematangan buah sawit dengan memanfaatkan sistem yang ada. Dengan adanya citra digital maka untuk menentukan kematangan buah sawit berdasarkan warnanya bisa dilakukan secara computing (berbasis teknologi), yaitu dengan menerapkan pengolahan citra menggunakan metode transformasi ruang warna HSV (Hue, Saturation, Value). Model warna HSV (Hue, Saturation, Value) mengelompokkan komponen intensitas dari informasi warna yang dibawa (hue dan saturation) dalam warna citra. Klasifikasi kematangan buah sawit dari pengujian 30 sampel citra buah sawit, dapat dilihat dari rentang nilai Hue. Ekstraksi RGB ke HSV nilai pada kulit buah Sawit menghasilkan dua klasifikasi nilai rentang Hue, yaitu warna hitam kekuningan dengan nilai Hue (0.25604 - 0.59155) untuk sawit mentah, warna orange merah tua dengan nilai Hue (0.06511 - 0.12985) untuk sawit matang. Hasil dari deteksi kematangan dapat dilihat pada masing-masing pengujian dengan nilai presentase 100% untuk kategori buah sawit matang, 100% untuk kategori buah sawit mentah. Nilai



presentase untuk pengujian keseluruhan data mempunyai presentase nilai yang baik dimana berpengaruh dalam mendeteksi kematangan sawit yaitu sebesar 100%. Maka dapat disimpulkan, bahwa pendeteksian kematangan buah sawit dapat dilakukan dengan menerapkan metode transformasi ruang warna HSV.

Kata Kunci : Buah Sawit; Transformasi Ruang Warna HSV; Pengolahan Citra.

Pendahuluan

Wilayah budidaya sawit adalah Asia Tenggara dan Pasifik, Afrika Barat dan Tengah, dan Amerika (Sutan, Sandra Malin, Ahmad Diyanal Arifin, 2016) (Salambue & Shiddiq, 2019). Kelapa sawit ini banyak digunakan sebagai minyak nabati yang dikonsumsi langsung, serta menjadi salah satu bahan dalam banyak produk olahan (Qaim et al., 2020). Estimasi kematangan kelapa sawit merupakan komponen penting dalam pengelolaan kelapa sawit, karena akan mengarah pada profitabilitas dan daya jual produk (Sinambela et al., 2020).

Petani kesulitan menjangkau buah untuk mendeteksi kematangan dengan mata ketika pohon sawit telah tinggi sehingga membutuhkan sistem yang mampu mendeteksi tingkat kematangan sawit (Ishak et al., 2019). Biasanya menentukan kematangan sawit hanya dilihat dari warna dan berondolan yang lepas dari tandannya (Ningsih & Salambue, 2021) (Ishak et al., 2019) (Los, n.d.) (Salambue & Shiddiq, 2019) (N. Sari et al., 2020). Pada pengakurasi dan efisiensi dapat diperoleh dengan memberikan alat yang berguna untuk simulasi skala besar pada hasil kematangan buah sawit (Xu et al., 2021) (Rifqi & Suharjito, 2021) (Wibowo et al., 2022). Data RGB dari foto diolah menggunakan algoritme untuk mengklasifikasikan tingkat kematangan kelapa sawit menggunakan fitur warna seperti Grayscale. Sehingga data dalam bentuk angka RGB akan diolah untuk melakukan proses klasifikasi tingkat kematangan kelapa sawit (Setiawan et al., 2019) (Tamam et al., 2020) (W. E. Sari et al., 2022). Oleh karena itu diperlukan Tingkat kematangan atau kemasakan buah merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan kualitas buah (Yulianto, 2020).

Pada penelitian ini digunakan metode image processing dalam identifikasi ukuran sampel untuk mendapatkan pengukuran nilai resistivitas yang akurat, biaya murah, dan mudah dilakukan (Isnaini et al., 2020) (Agrawal et al., 2022). Pengolahan citra digital dapat mendeteksi adanya warna, tekstur, juga luas cacat yang terdapat pada buah sawit. Oleh karena itu disini kami menggunakan komposisi warna dari histogram RGB, Grayscale dan Biner. Hal itu dilakukan dengan melakukan perbandingan komposisi warna RGB, nilai GLCM, dan deteksi cacat yang diperoleh dari citra buah (Prahudaya & Harjoko, 2017). RGB adalah singkatan dari Red-Green-Blue, merupakan tiga warna dasar (primary colors) yang secara umum dijadikan acuan warna lainnya (Informatika, 2015) (Ratna, 2020) (Sedo et al., 2019). Dari basis RGB, kita dapat mengkonversi warna menjadi kode-kode angka yang membuat warna tersebut akan tampil universal (Ratna, 2020). Selanjutnya dilakukan ekstraksi fitur warna menggunakan Grayscale (Setiawan et al., 2019) (Rahmadwati et al., 2022). Selanjutnya citra biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai untuk masing-masing piksel (Nabusa, 2019) (Shedriko & Firdaus, 2022) (N. L. K. Sari et al., 2020). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat model yang telah dikembangkan menjadi alat pendeteksi kematangan buah sawit secara akurat dan efisien. Alat harus mampu mengkonversi cepat warna sawit dengan gambar yang di ambil. Dengan penelitian ini, diharapkan alat dapat membantu para petani sawit menjangkau buah pada pohon yang tinggi untuk

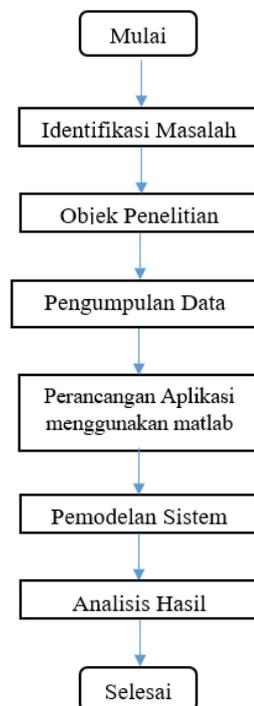
mengetahui kematangannya agar buah dapat di panen dengan ideal sesuai kualitas dan kuantitas.

Penelitian mengenai kematangan buah banyak dilakukan peneliti lain. Kami melakukan penelitian pendeteksi kematangan buah sawit dengan metode Image Processing Berdasarkan Komposisi Warna seperti RGB, Grayscale dan Citra Biner. Penelitian ini dilakukan lebih memfokuskan pada metode penyelesaian masalah, berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih menggunakan metode CNN untuk menyelesaikan masalah klasifikasi gambar pada pendeteksi kematangan sawit.

Metode

A. Metode Penelitian

Penelitian dimulai dari identifikasi masalah dan pengumpulan data, dan dilanjutkan dengan proses perancangan model dan diakhiri dengan pengujian kinerja model seperti gambar dibawah ini.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Gambar 1 adalah sebuah diagram alur penelitian.

1. Identifikasi Masalah

Kematangan kelapa sawit dapat ditentukan oleh berbagai faktor seperti warna kulit. Beberapa buah mungkin memiliki warna yang mirip dengan buah matang, tetapi masih belum mencapai tingkat kematangan yang optimal. Untuk mengatasi masalah ini, dibutuhkan pendekatan yang canggih dalam pengolahan gambar dan analisis data untuk meningkatkan keakuratan deteksi kematangan sawit secara real-time.

2. Objek penelitian

Penelitian dilaksanakan di perkebunan kelapa sawit di PT. Sidojadi Perkebunan Sei Parit Kecamatan Sei Rampah, Kabupaten Serdang Bedagai dengan objek yang diteliti adalah buah sawit.

3. Pengumpulan data

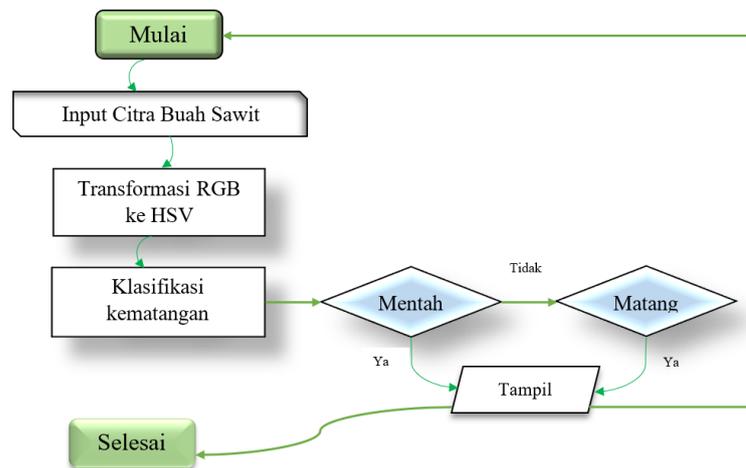
Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan Teknik Penelitian Kepustakaan (*Library Research*) dan Penelitian Lapangan (*Field Research*). Data berupa foto buah sawit diambil secara langsung di Perkebunan Kelapa Sawit milik Bapak Chan di PT.Sidojadi perkebunan Sei Parit Kecamatan Sei Rampah, Kabupaten Serdang Bedagai, sedangkan keterangan-keterangan tentang data buah mentah dan matang diperoleh dari hasil wawancara dengan pemilik perkebunan tersebut.

4. Perancangan Aplikasi Matlab

Perancangan program mengacu pada proses perencanaan struktur, fungsi dan alur kerja program komputer sebelum memulai implementasi atau proses pengkodean. Perancangan program yang dilakukan pada penelitian ini melalui dua tahap. Tahap yang pertama yaitu membuat design program dengan tools GUI di Matlab, dan tahap selanjutnya adalah memasukkan source code ke masing-masing tools yang sudah di rancang

5. Pemodelan sistem

Berikut dijelaskan alur dari kerja sistem berdasarkan tahap pemodelan sistem yang penulis gunakan. Gambar 2 merupakan *Rincian Proses Pengolahan Citra Buah Sawit Didalam Sistem* berdasarkan warna RGB dan HSV.



Gambar 2. Rincian Proses Pengolahan Citra Buah Sawit Didalam Sistem

6. Analisis Hasil

Proses akhir penentuan hasil uji kategori buah kelapa sawit sesuai dengan persamaan dalam database query memberikan data identifikasi. Hasil akhir disajikan dalam bentuk kategori pohon sawit, matang dan mentah, diperoleh berdasarkan data dari citra uji buah kelapa sawit. Ada beberapa proses yang dibuat oleh algoritma pendukung, yaitu segmentasi gambar dan fungsi penolakan karakteristik merah, hijau, biru, hue, saturation, dan value. Proses pengelasan menurut K-Means Cluster adalah proses pembagian karakteristik vektor buah sawit menjadi 2 kelas atau kategori, matang dan belum matang. Proses pengujian adalah proses membandingkan fitur input baru dengan fitur yang ada dalam referensi yang telah dilatih dalam sistem.

Hasil dan Diskusi

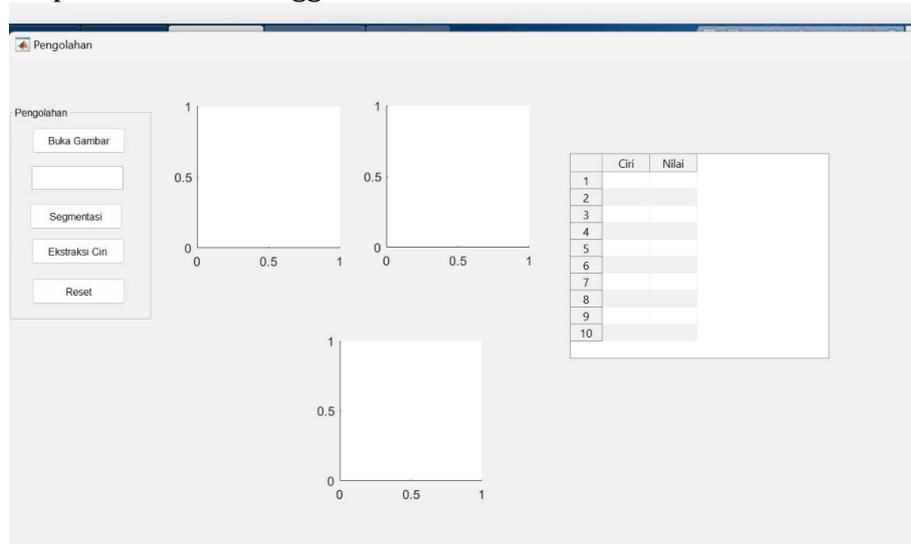
A. Data

Pada tahap pengujian berdasarkan hasil dari deteksi warna kulit buah sawit dalam

ruang warna krominan memiliki nilai-nilai yang berguna untuk mempermudah klasifikasi warna kulit sawit dalam fase kematangan. Jumlah sampel yang digunakan untuk proses pengujian adalah 30 citra sawit yang berekstensi jpg. Dari 30 jenis citra buah sawit akan diproses dan dicari nilai RGB kemudian ditransformasikan ke ruang warna HSV Dimana telah diambil sampel sebanyak 15 buah sawit matang, 15 buah sawit mentah. Setelah dilakukan pemrosesan terhadap citra tersebut maka selanjutnya dilakukan pengecekan klasifikasi warna kulit buah sawit yang menjadi acuan dalam klasifikasi warna buah sawit.

B. Tampilan Matlab

Untuk tampilan Matlab Menggunakan GUI



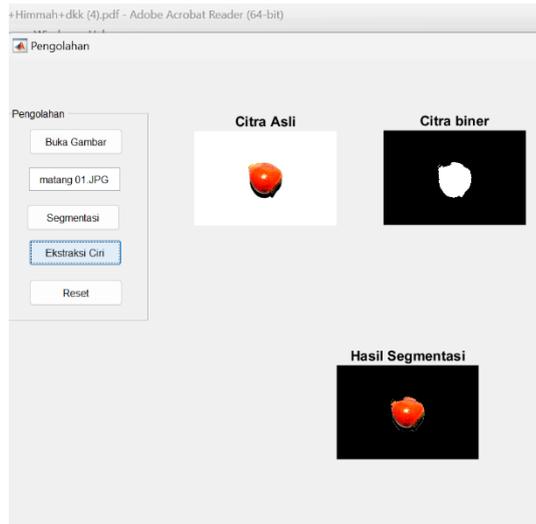
Gambar 3 : Tampilan Matlab Dengan GUI

Gambar 3 adalah tampilan matlab dengan GUI. Pada tampilan matlab terdapat tombol untuk meng-input citra sawit yang akan diidentifikasi tingkat kematangannya. Citra sawit dengan format jpg akan dihitung RGB-nya dan dilakukan transformasi ke ruang warna HSV. Saat citra sudah di input, maka citra sawit yang ditampilkan terdapat perubahan pada hasil segmentasinya. Untuk menampilkan hasil setiap citra yang akan menjadi nilai pada tingkat kematangan tersebut, menggunakan tombol yang dapat mengeluarkan hasil nilai Transformasi RGB to HSV. Setelah didapatkan hasil dari perhitungan masing-masing citra buah sawit, kemudian dihitung rata-rata H, rata-rata S, dan rata-rata V.

C. Langkah-langkah Pemodelan

Untuk pembuatan alat pendeteksi kematangan buah sawit berdasarkan komposisi warna, menggunakan GUI pada software Matlab dengan beberapa tombol di dalam nya. Tombol-tombol yang digunakan yaitu 5 buah tombol push button, 1 buah uitable, 3 buah axes dan 2 buah panel. Setiap tombol memiliki fungsi masing-masing pada proses identifikasi kematangan buah sawit tersebut.

1. *Peng-inputan Citra Buah Sawit* : Sistem yang dibuat kali ini memiliki beberapa fungsi, yaitu image upload/image input, segmentasi, feature extraction, dan reset.

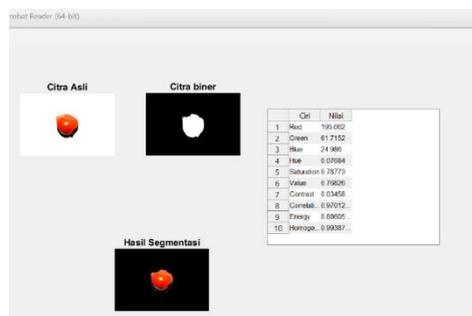


Gambar 4 : Gambar Input Citra Buah Sawit

Gambar 4 adalah tampilan dari input citra buah sawit. Unggahan gambar/input gambar dapat dilakukan dengan tombol buka gambar, lalu memilih gambar yang akan ditampilkan pada sistem. Saat setelah citra, maka gambar yang telah terunggah akan menampilkan hasil segmentasi yang berfungsi untuk menunjukkan hasil hashing pada citra.

2. *GUI Hasil Transformasi RGB to HSV*

Setelah citra di input, untuk melakukan Transformasi RGB to HSV dapat dilakukan dengan tombol ekstraksi citra. Pada ekstraksi ciri yang diperoleh dari nilai red, green, blue, hue, saturation, value, contrast, correlative, energi dan homogenity.



Gambar 5 : GUI Hasil Transformasi RGB To HSV

Gambar 5 adalah tampilan dari GUI hasil transformasi RGB to HSV. Ekstraksi Ciri menunjukkan hasil ekstraksi RGB ke HSB dari gambar yang terfragmentasi. Ekstraksi ciri berfungsi agar nilai range yang ditampilkan dapat digunakan saat pengambilan keputusan kematangan sawit sehingga akurat. Uitable digunakan untuk menampilkan nilai range pada tranformasi RGB to HSV.

3. *Klasifikasi*: Setelah dilakukan pemrosesan terhadap citra tersebut maka selanjutnya dilakukan pengecekan klasifikasi warna kulit buah sawit yang menjadi acuan dalam klasifikasi warna buah sawit. Jika nilai perhitungan yang dilakukan berada pada range nilai warna kulit buah sawit, maka warna buah sawit dapat diklasifikasikan sesuai dengan range nilai yang telah ditentukan klasifikasi kematangannya. Tabel

hasil klasifikasi warna kulit buah sawit dengan deteksi warna dalam ruang krominan dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Klasifikasi Warna Kulit Buah Sawit

No.	Kode Sampel	Citra Sampel	Hasil perhitungan			Fase Kematangan		Ket
			H	S	V	Petani	Komputer (GUI)	
1	Matang 01		0.07684	0.78773	0.76826	√	√	√
2	Matang 02		0.12985	0.74937	0.72621	√	√	√
3	Matang 03		0.08243	0.79843	0.80533	√	√	√
4	Matang 04		0.07763	0.79632	0.81811	√	√	√
5	Matang 05		0.07895	0.83398	0.84472	√	√	√
6	Matang 06		0.10141	0.81835	0.76802	√	√	√
7	Matang 07		0.079974	0.81883	0.79229	√	√	√
8	Matang 08		0.088859	0.80441	0.77859	√	√	√
9	Matang 09		0.083084	0.817	0.82246	√	√	√
10	Matang 10		0.07917	0.83814	0.82278	√	√	√
11	Matang 11		0.069356	0.82805	0.82007	√	√	√
12	Matang 12		0.076753	0.79244	0.80491	√	√	√
13	Matang 13		0.06511	0.80549	0.82577	√	√	√
14	Matang 14		0.077598	0.84184	0.83451	√	√	√
15	Matang 15		0.071362	0.84947	0.81779	√	√	√
16	Mentah 01		0.44735	0.45174	0.39338	√	√	√
17	Mentah 02		0.39034	0.58581	0.42983	√	√	√
18	Mentah 03		0.37432	0.53504	0.36207	√	√	√
19	Mentah 04		0.41829	0.61208	0.40477	√	√	√

20	Mentah 05		0.59155	0.51323	0.37777	√	√	√
21	Mentah 06		0.45392	0.46234	0.532	√	√	√
22	Mentah 07		0.49398	0.53835	0.44252	√	√	√
23	Mentah 08		0.25604	0.63977	0.39358	√	√	√
24	Mentah 09		0.45336	0.56241	0.4359	√	√	√
25	Mentah 10		0.47122	0.55527	0.41392	√	√	√
26	Mentah 11		0.51462	0.44663	0.41904	√	√	√
27	Mentah 12		0.45862	0.44342	0.35776	√	√	√
28	Mentah 13		0.40795	0.51412	0.45827	√	√	√
29	Mentah 14		0.42743	0.54744	0.41132	√	√	√
30	Mentah 15		0.47358	0.41422	0.60058	√	√	√

Klasifikasi kematangan buah sawit dari pengujian 30 sampel citra buah sawit, dapat dilihat dari rentang nilai Hue. Ekstrasi RGB ke HSV nilai pada kulit buah Sawit menghasilkan dua klasifikasi nilai rentang Hue, yaitu warna hitam kekuningan dengan nilai Hue (0.25604 - 0.59155) untuk sawit mentah, warna orange merah tua dengan nilai Hue (0.06511 - 0.12985) untuk sawit matang.

Dari hasil pengujian tersebut didapatkan tingkat keberhasilan untuk pengujian buah sawit mencapai 100% dari data terbaca benar dari 30 data sampel citra buah sawit matang dan mentah. Berikut adalah data hasil pengujian yang telah dilakukan.

$$Akurasi = \frac{30}{30} \times 100\%$$

$$Akurasi = 100\%$$

Jika dibandingkan dengan penelitian pengembangan alat pendeteksi kematangan buah menggunakan pengolahan citra berdasarkan komposisi warna, terlihat bahwa keduanya memiliki keterkaitan dalam penggunaan pengolahan citra dan analisis warna dalam bidang pertanian. Namun, aplikasi dan teknik khusus yang digunakan dalam penelitian ini berbeda dengan alat pendeteksi kematangan buah. Sebagai contoh, studi perbandingan teknik segmentasi citra tidak secara langsung terkait dengan deteksi kematangan buah, namun dapat memberikan wawasan tentang berbagai metode yang dapat digunakan dalam pemrosesan citra. Begitu pula dengan kajian model statistik warna tidak secara langsung berkaitan dengan deteksi kematangan buah, namun dapat memberikan dasar untuk mengembangkan model deteksi warna pada alat deteksi kematangan buah (Salambue & Shiddiq, 2019) (Nabusa, 2019) (Ismail et al., 2023)

Oleh karena itu, meskipun penelitian ini terkait dengan penggunaan pengolahan citra dan analisis warna di bidang pertanian, keduanya tidak secara langsung dapat dibandingkan dengan alat pendeteksi kematangan buah. Namun, mereka dapat

memberikan wawasan tentang berbagai metode Teknik yang dapat digunakan dalam pemrosesan gambar dan analisis warna untuk aplikasi pertanian.

Kesimpulan

Metode pengolahan citra berdasarkan komposisi warna terbukti efektif dalam mendeteksi kematangan buah sawit. Analisis komposisi warna dapat memberikan informasi penting tentang kematangan buah, yang dapat digunakan untuk memaksimalkan waktu panen dan meminimalkan pemborosan sumber daya. Penggunaan analisis warna dalam pengolahan citra memberikan akurasi yang tinggi dalam klasifikasi buah sawit. Memanfaatkan perangkat keras dan perangkat lunak yang tepat dapat meningkatkan akurasi diagnostik secara signifikan.

Daftar Referensi

- Agrawal, S., Panda, R., Mishro, P. K., & Abraham, A. (2022). A novel joint histogram equalization based image contrast enhancement. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34(4), 1172–1182. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2019.05.010>
- Informatika, P. T. (2015). *Jurnal Mantik Penusa Vol 17 No 1 Juni 2015 ISSN 2088-3943 METODE CONTENT BASED IMAGE RETRIEVAL (CBIR) UNTUK PENCARIAN GAMBAR YANG SAMA MENGGUNAKAN PERBANDINGAN HISTOGRAM WARNA RGB* Insan Taufik *Jurnal Manajemen dan Informatika Komputer Pelita Nusantara J.* 17(1), 1–4.
- Ishak, H., Shiddiq, M., Fitra, R. H., & Yasmin, N. Z. (2019). Ripeness Level Classification of Oil Palm Fresh Fruit Bunch Using Laser Induced Fluorescence Imaging. *Journal of Aceh Physics Society*, 8(3), 84–89. <https://doi.org/10.24815/jacps.v8i3.14139>
- Ismail, Nurhikma Arifin, & Prihastinur. (2023). Klasifikasi Kematangan Buah Naga Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan Algoritma Multi-Class Support Vector Machine. *Jurnal Informatika Teknologi Dan Sains*, 5(1), 121–126. <https://doi.org/10.51401/jinteks.v5i1.2203>
- Isnaini, V. A., Wirman, R. P., Salma, H., & Wirman, S. P. (2020). Metode Pengukuran Resistivitas Logam Tipis dengan Identifikasi Ukuran Sampel menggunakan Image Processing. *Jurnal Fisika*, 10(2), 42–49.
- Los, U. M. D. E. C. D. E. (n.d.). *No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析* Title.
- Nabusa, Y. N. (2019). Pengolahan Citra Digital Perbandingan Metode Histogram Equalization Dan Spesification Pada Citra Abu-Abu. *J-Icon*, 7(1), 87–95.
- Ningsih, I. F., & Salambue, R. (2021). Klasifikasi Kematangan Buah Sawit Dengan Jaringan Syaraf Tiruan Metode Perceptron. *Repository.Unri.Ac.Id*, 1–15.
- Prahudaya, T. Y., & Harjoko, A. (2017). Metode Klasifikasi Mutu Jambu Biji Menggunakan Knn Berdasarkan Fitur Warna Dan Tekstur. *Jurnal Teknosains*, 6(2), 113. <https://doi.org/10.22146/teknosains.26972>
- Qaim, M., Sibhatu, K. T., Siregar, H., & Grass, I. (2020). Environmental, economic, and social consequences of the oil palm boom. *Annual Review of Resource Economics*, 12, 321–344. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-110119-024922>
- Rahmadwati, R., Razak, A. A., & Huda, M. (2022). Operasi Morfologi dan Teknik Histogram pada Sistem Deteksi Plat Nomor Kendaraan Bermotor. *Jurnal EECCIS (Electrics, Electronics, Communications, Controls, Informatics, Systems)*, 15(3), 115–118. <https://doi.org/10.21776/jeccis.v15i3.1553>

- Ratna, S. (2020). Pengolahan Citra Digital Dan Histogram Dengan Phyton Dan Text Editor Phycharm. *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 11(3), 181. <https://doi.org/10.31602/tji.v11i3.3294>
- Rifqi, M., & Suharjito. (2021). Deteksi Kematangan Tandan Buah Segar (Tbs) Kelapa Sawit Berdasarkan Komposisi Warna Menggunakan Deep Learning. *Jurnal Teknik Informatika Atmaluhur*, 6(1), 40.
- Salambue, R., & Shiddiq, M. (2019). Klasifikasi Kematangan Buah Sawit Menggunakan Model Warna RGB. *Seminar Nasional APTIKOM (SEMNASTIK)*, 434–440.
- Sari, N. L. K., Oktavianti, M., & Samsun, S. (2020). Analisis Karakter Segmen Abnormal pada Citra Mamografi dengan Menggunakan Berbagai Metode Preprocessing Citra. *Jurnal Ilmiah Giga*, 22(1), 1. <https://doi.org/10.47313/jig.v22i1.737>
- Sari, N., Shiddiq, M., Hamdi, M., & Nadia, Z. Y. (2020). Evaluasi Tingkat Kematangan Tandan Buah Segar Kelapa Sawit Menggunakan Metode Optik Dengan Laser Modulasi. *Aptek*, 11(2), 17–21.
- Sari, W. E., Muslimin, M., Franz, A., & Sugiartawan, P. (2022). Deteksi Tingkat Kematangan Tandan Buah Segar Kelapa Sawit dengan Algoritme K-Means. *SINTECH (Science and Information Technology) Journal*, 5(2), 154–164. <https://doi.org/10.31598/sintechjournal.v5i2.1146>
- Sedo, R., Mudjirahardjo, P., & Yudaningtyas, E. (2019). Identifikasi Takaran Pupuk Nitrogen Berdasarkan Tingkat Kehijauan DaunTanaman Padi Menggunakan Metode Histogram of s-RGBdan Fuzzy Logic. *Jurnal EECCIS (Electrics, Electronics, Communications, Controls, Informatics, Systems)*, 13(1), 31–37.
- Setiawan, M. R., Sari, Y. A., & Adikara, P. P. (2019). *Klasifikasi Citra Makanan Menggunakan K-Nearest Neighbor dengan Fitur Bentuk Simple Morphological Shape Descriptors dan Fitur Warna Grayscale Histogram*. 3(3), 2726–2731.
- Shedriko, & Firdaus, M. (2022). Pengenalan Wajah dengan Algoritma Local Binary Pattern Histogram Menggunakan Python. *Remik: Riset Dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, 6(2), 272–281.
- Sinambela, R., Mandang, T., Subrata, I. D. M., & Hermawan, W. (2020). Application of an inductive sensor system for identifying ripeness and forecasting harvest time of oil palm. *Scientia Horticulturae*, 265(January), 109231. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109231>
- Sutan, Sandra Malin , Ahmad Diyanal Arifin, dan Y. H. (2016). *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas. Identifikasi Non-Destructive Kandungan Total Karoten Pada Buah Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq) Berbasis Analisis Citra*, 20(1), 10.
- Tamam, M. T., Taufiq, A. J., & Dwiono, W. (2020). Rancang Bangun Purwarupa Sistem Deteksi Tingkat Kematangan Buah Jeruk Berdasarkan Warna Kulitnya. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 2(2), 2–5. <https://doi.org/10.30595/jrre.v2i2.7938>
- Wibowo, A., Poningsih, P., Parlina, I., Suhada, S., & Wanto, A. (2022). Rancang Bangun Mesin Sortir Buah Kelapa Sawit Berdasarkan Tingkat Kematangan Menggunakan Sensor Warna Tcs3200 Berbasis Arduino Uno. *STORAGE: Jurnal Ilmiah Teknik Dan Ilmu Komputer*, 1(2), 9–15. <https://doi.org/10.55123/storage.v1i2.305>
- Xu, Y., Ciais, P., Yu, L., Li, W., Chen, X., Zhang, H., Yue, C., Kanniah, K., Cracknell, A. P., & Gong, P. (2021). Oil palm modelling in the global land surface model ORCHIDEE-MICT. *Geoscientific Model Development*, 14(7), 4573–4592. <https://doi.org/10.5194/gmd-14-4573-2021>
- Yulianto. (2020). Analisis Quality Control Mutu Minyak Kelapa Sawit Di Pt. Perkebunan Lembah Bhakti Aceh Singkil. *Amina*, 1(2), 72–78. <https://doi.org/10.22373/amina.v1i2.36>