

PREDIKSI TINGKAT KEMATANGAN TANDAN BUAH SEGAR (TBS) KELAPA SAWIT BERBASIS SIFAT OPTIS

Ripeness Prediction of Oil Palm Fresh Fruit Bunches (FFB) using Optical Properties

Juli Arifiansyah Sinambela¹, Dinah Cherie², Andasuryani², Muhammad Makky²

¹ Mahasiswa Program Magister Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas

² Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas
Email: dinahcherie@ae.unand.ac.id

ABSTRAK

Kelapa sawit sebagai sumber utama minyak nabati berpotensi cukup besar dalam peningkatan perekonomian dan kesejahteraan sosial bagi masyarakat. Keberhasilan dari produksi minyak kelapa sawit dipengaruhi oleh kualitas Tandan Buah Segar (TBS) yang akan diolah. TBS Sawit yang memiliki kualitas yang sesuai standar akan menghasilkan minyak sawit yang berkualitas. Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas minyak sawit adalah penentuan tingkat kematangan TBS Sawit sebelum memasuki pengolahan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi kematangan TBS sawit saat grading pada *loading ramp* berdasarkan sifat optis TBS Sawit. Penentuan tingkat kematangan berdasarkan sifat optis saat *grading* dilakukan dengan menggunakan metode *k-means clustering*. Penentuan berdasarkan sifat optis berupa nilai warna RGB dan HSV. Nilai RGB pada TBS sawit mentah didapatkan sebesar 82,790; 67,114 dan 62,530 sedangkan TBS sawit matang sebesar 131,381; 84,633 dan 72,137. Sedangkan nilai warna HSV pada TBS sawit mentah sebesar 68,118; 24,375 dan 32,516 dan TBS matang sebesar 25,583; 44,723 dan 51,522. Hasil yang diperoleh didapatkan komponen warna RGB dan HSV memiliki pengaruh terhadap penentuan kematangan TBS sawit. Hal ini dibuktikan dengan nilai signifikansi kurang dari 0,05. Pengujian dari penentuan tingkat kematangan TBS sawit menghasilkan akurasi 86 % dengan Tingkat kesalahan sebesar 14 %.

Kata kunci— HSV; *K-means clustering*; RGB; Sawit; Sifat Optis

ABSTRACT

Palm oil, as the primary source of vegetable oil, holds significant potential for improving the economy and enhancing social welfare within communities. The success of palm oil production largely depends on the quality of the Fresh Fruit Bunches (FFB) used for processing. One of the factors affecting the quality of palm oil is the determination of the maturity level of oil palm fruit bunches before processing. This study aimed to identify the maturity level of oil palm fruit bunches during grading at the loading ramp based on their optical properties. The maturity determination based on optical properties during grading was conducted using the k-means clustering method. The optical properties used for maturity determination included RGB and HSV color values. The RGB values for raw palm fruit bunches were 82.790, 67.114, and 62.530, while those for ripe palm fruit bunches were 131.381, 84.633, and 72.137. Similarly, the HSV color values for raw palm fruit bunches were 68.118, 24.375, and 32.516, while those for ripe palm fruit bunches were 25.583, 44.723, and 51.522. The results showed that all color components significantly influenced the determination of oil palm fruit bunch maturity, as evidenced by a significance value of less than 0.05. The testing of maturity determination for oil palm fruit bunches achieved an accuracy of 86 % with an error rate of 14 %.

Keyword: HSV; K-means clustering; RGB; Oil Palm; Optical Properties.

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu produk unggulan Indonesia pada sektor pertanian yang menjadi sumber devisa terbesar di Indonesia. Kelapa sawit sebagai sumber utama minyak nabati yang mempunyai potensi cukup besar dalam upaya peningkatan perekonomian dan taraf hidup bagi masyarakat. Keberhasilan dari produksi minyak kelapa sawit dipengaruhi oleh kualitas Tandan Buah Segar (TBS) yang akan diolah. TBS sawit yang memiliki kualitas yang sesuai standar akan memperoleh

minyak sawit bermutu tinggi. Salah satu aspek penting dalam produksi minyak sawit adalah tingkat kematangan TBS sawit sebelum proses pengolahan.

Penentuan tingkat kematangan saat ini masih dilakukan dengan metode manual yaitu menganalisis warna TBS sawit secara visual. Metode ini bersifat subjektif dengan hasil penilaian yang tidak konsisten. Penentuan tingkat kematangan TBS sawit secara visual oleh indera manusia memiliki tingkat akurasi yang bergantung pada faktor fisiologis pekerja (Wu & Sun, 2013) dan membutuhkan pekerja yang banyak serta waktu yang lama (Sinambela et al., 2020). Selain itu, kemampuan operator dalam menentukan kualitas TBS sawit berkaitan pada keandalan operator (*human reliability*). Menurut Tumanggor et al. (2022), terdapat beberapa kondisi lapangan yang mempengaruhi keandalan operator dalam penilaian TBS sawit diantaranya kapasitas yang berlebihan, kurangnya waktu yang tersedia untuk mendeteksi dan mengoreksi kesalahan dari hasil pemilihan, kebutuhan untuk membuat keputusan di luar kapasitas operator, siklus pekerjaan yang berulang-ulang dan lainnya.

Salah satu cara penentuan tingkat kematangan TBS sawit adalah dengan menggunakan metode nondestruktif. Keunggulan dengan menggunakan metode ini adalah TBS sawit tidak perlu dirusak saat dilakukan pengujian, sampel yang diuji dapat dilakukan secara cepat dan tidak akan mempengaruhi sifat fisik dan kimia dari sampel (Cherie et al., 2018; Makky et al., 2018). Penentuan tingkat kematangan TBS sawit dapat dilakukan dengan menggunakan alat optis berupa kamera *handphone*. Alat ini mampu menentukan tingkat kematangan TBS sawit secara cepat dan tepat dibandingkan dengan pengamatan secara visual (Cherie et al., 2015). Penggunaan sifat optis ini akan berkaitan dengan kualitas eksternal dari produk pertanian yang akan diamati seperti warna, tekstur, ukuran, bentuk dan cacat yang terlihat secara visual (Costa et al., 2011).

Sifat optis dari TBS sawit ini berasal dari hasil interaksi antara cahaya dengan TBS sawit. Hasil interaksi ini yang mengakibatkan buah dapat memberikan informasi terkait kualitas buah yang ditentukan melalui proses transmisi, reflektasi dan absorpsi (Abbott, 1999). Penentuan tingkat kematangan ini berdasarkan sifat optis berupa warna yang dihasilkan dari proses interaksi cahaya dengan TBS sawit. Perubahan warna pada kulit luar TBS sawit dapat menjadi parameter utama dalam penilaian tingkat kematangan TBS sawit. Penentuan tingkat kematangan berdasarkan sifat optis termasuk ke dalam cara yang efektif dalam mengidentifikasi tingkat kematangan buah sawit (Himmah et al., 2020). Pengolahan data citra TBS sawit akan menghasilkan nilai warna RGB (*red, green dan blue*) (Melidawati et al., 2021) dan HSV.

Salah satu penentuan tingkat kematangan TBS sawit dapat menggunakan metode *k-means clustering*. *K-means* adalah algoritma kluster non-hierarki yang bertujuan untuk mengelompokkan data ke dalam beberapa kluster berdasarkan kesamaan karakteristik (Saputra et al., 2024). Algoritma ini akan melakukan pengambilan sampel yang berasal dari populasi untuk membentuk kluster dasar dan menghitung ulang posisi pusat kluster hingga seluruh data terorganisir ke dalam kluster yang tepat (Iman et al., 2024). *Clustering* merupakan salah satu teknik *data mining* yang dapat digunakan untuk menganalisis dan mengkaji data untuk menyelesaikan permasalahan dalam hal pengklasifikasian data ke dalam beberapa kelompok. Teknik ini akan membagi kelompok berdasarkan derajat keterkaitan antara anggota kluster yang sama yaitu kuat dan lemah dengan kluster lainnya (Alkhairi & Windarto, 2019). Dalam hal *clustering* terdapat dua jenis yang umum digunakan dalam mengklasifikasikan data yaitu hierarki dan non hierarki.

Metode ini mampu mengidentifikasi data ke dalam suatu kelompok sesuai kluster berdasarkan data dan karakteristik yang sama sedangkan data dan karakteristik yang berbeda akan ditempatkan ke dalam kluster yang lain (Wardhani, 2016). Pada penelitian (Saputra et al., 2024), metode *k-means clustering* dapat memisahkan antara timun segar dan busuk dengan menggunakan fitur warna dengan akurasi 97 %. Penentuan kematangan TBS sawit ini akan membedakan kematangan TBS sawit antara TBS sawit matang dan mentah saat grading pada *loading ramp*. Proses ini dilakukan dengan cara menyeleksi TBS sawit yang saat ini masih dilakukan secara objektif. Sehingga dibutuhkan penggunaan teknologi citra digital yang akan meningkatkan dan menjaga kualitas minyak sawit yang akan diproduksi. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi tingkat kematangan TBS Sawit saat *grading* pada *loading ramp* berdasarkan sifat optis TBS sawit.

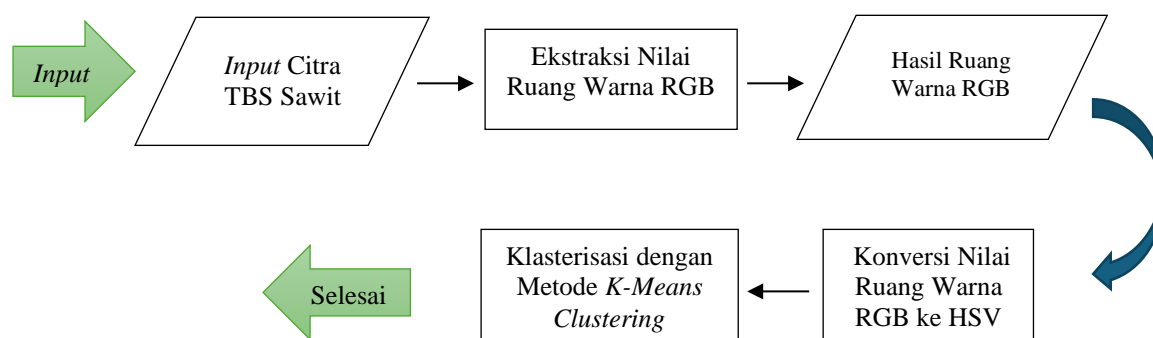
METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan satu unit *handphone* dengan resolusi 64 MP, *distance meter*, satu perangkat komputer. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya 100 sampel Tandan Buah Segar (TBS) sawit.

B. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini diawali dengan mempersiapkan sampel TBS Sawit yang telah dipanen. TBS Sawit tersebut dibersihkan dari kotoran yang menempel pada saat di panen. TBS yang telah bersih kemudian dipisahkan berdasarkan dua kematangan yaitu matang dan mentah. TBS sawit kemudian direkam dengan menggunakan kamera *handphone* dengan jarak perekaman $\pm 1,5$ m. Perekaman citra TBS sawit dilakukan saat siang dengan kondisi cuaca cerah. Citra TBS Sawit yang telah direkam lalu diolah dengan menggunakan perangkat komputer yang akan menghasilkan karakteristik optis TBS sawit yaitu nilai ruang warna RGB. Pengolahan data citra TBS sawit dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu (1) *Input* citra TBS sawit; (2) Ekstraksi nilai ruang warna RGB; (3) Hasil ruang warna RGB; (4) Konversi nilai ruang warna RGB ke HSV; dan (5) Klasterisasi dengan metode *k-means clustering*. Tahapan penentuan tingkat kematangan TBS sawit dapat dilihat pada Gambar 1. .



Gambar 1. Tahapan penelitian .

Tahapan penentuan tingkat kematangan TBS sawit yaitu

1. *Input* citra TBS sawit
Proses ini dilakukan setelah TBS sawit selesai dilakukan perekaman. Data citra TBS sawit yang telah direkam dalam bentuk JPEG atau BMP diolah dengan menggunakan program komputer.
2. Ekstraksi nilai ruang warna RGB
Citra TBS sawit kemudian diekstraksi dengan menggunakan program komputer dengan dilakukan proses digitasi untuk menghasilkan nilai RGB TBS sawit.
3. Hasil ruang warna RGB
Hasil Ekstraksi dengan menggunakan program komputer berupa nilai ruang warna RGB. Nilai ruang warna ini yang digunakan dalam penentuan tingkat kematangan TBS sawit berdasarkan sifat optis.
4. Konversi nilai ruang warna RGB ke HSV
Ruang warna ini merupakan kombinasi warna primer yang biasanya digunakan dalam monitor dan televisi. Nilai ruang warna ini memiliki jumlah 8 bit. Pengolahan ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra sehingga dapat diinterpretasikan oleh manusia atau mesin (Pratama *et al.*, 2019). Nilai RGB TBS sawit kemudian dikonversi menjadi ruang warna HSV. Model warna ini terdiri dari *hue*, *saturation* dan *value*, dengan *hue* menyatakan warna asli seperti warna merah, ungu dan kuning. Nilai *hue* ini berfungsi sebagai pemisah antar warna dan menentukan warna kemerahan, kehijauan dan sebagainya dari cahaya. *Saturation* menyatakan tingkat kemurnian suatu warna, yang menunjukkan seberapa besar warna putih diterapkan pada warna tersebut. Untuk *value* termasuk atribut yang menyatakan jumlah cahaya yang diterima mata terlepas dari warna (Goenawan *et al.*, 2022). Konversi ruang warna ini dapat menggunakan Persamaan (1), (2), (3), (4), (5), (6) dan (7).

$$r = \frac{R}{255} \dots\dots\dots(1)$$

$$g = \frac{G}{255} \dots\dots\dots(2)$$

$$b = \frac{B}{255} \dots\dots\dots(3)$$

$$V = \max (r, g, b) \dots\dots\dots(4)$$

$$S = \begin{cases} \frac{(\text{maks } v - \text{min } v)}{\text{maks } v} & \text{jika } v \neq 0 \\ 0 & \text{sebaliknya} \end{cases} \dots\dots\dots(5)$$

$$H = \begin{cases} 60 (g - b)/(v - \min(r, g, b)) & \text{jika } v = r \\ 120 + 60 (b - r)/(v - \min(r, g, b)) & \text{jika } v = g \\ 240 + 60(r - g)/(v - \min(r, g, b)) & \text{jika } v = b \end{cases} \dots\dots\dots(6)$$

$$H = H + 360, \text{ Jika } H < 0 \dots\dots\dots(7)$$

5. Klasterisasi dengan menggunakan Metode *K-means Clustering*
 Nilai ruang warna RGB dan HSV TBS sawit kemudian diklasterisasi berdasarkan tingkat kematangan. Pada tahapan ini dilakukan penentuan tingkat kematangan TBS sawit berdasarkan sifat optis. Metode ini akan melakukan analisis dan kajian data dengan mengklasifikasikan data ke dalam beberapa kelompok. Algoritma ini akan melakukan pengambilan sampel yang berasal dari populasi untuk membentuk klaster dasar dan menghitung ulang posisi pusat klaster hingga data terorganisir ke dalam klaster tertentu.

C. Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *k-means clustering*. Algoritma ini termasuk ke dalam *data mining*. Tahapan dalam analisis k-means clustering diawali dengan (1) penentuan total klaster k yang digunakan; (2) penentuan nilai pusat (*centroid*), penentuan ini berfungsi untuk awal iterasi yang dijalankan secara acak; (3) perhitungan jarak antara titik pusat dengan titik setiap objek; (4) pengklasifikasian objek; (5) pengulangan tahap ke tahap dua hingga titik pusat yang diperoleh tetap dan setiap anggota klaster tidak berpindah ke klaster lainnya (Anggara et al., 2016). Perhitungan *Euclidian Distance* dapat menggunakan Persamaan 8.

$$d(x, y) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + \dots \dots (y_n - y_n)^2} \dots\dots\dots(8)$$

D. Akurasi Penentuan Tingkat kematangan

Penentuan akurasi ini berfungsi untuk menentukan keberhasilan dalam proses penentuan tingkat kematangan TBS sawit berdasarkan sifat optis. Penentuan akurasi dilakukan dengan cara membagi antara jumlah data hasil pengujian dengan jumlah data keseluruhan dalam satuan persen. Perhitungan akurasi penentuan tingkat kematangan ini dapat menggunakan Persamaan 9.

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{jumlah data yang berhasil}}{\text{jumlah data keseluruhan}} \times 100\% \dots\dots\dots(9)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengolahan Citra TBS Kelapa Sawit

TBS sawit yang telah dipanen, diangkut menuju *loading ramp*. Setelah itu, TBS sawit dibersihkan dari kotoran saat pemanenan yang menempel di permukaan TBS sawit. TBS yang telah bersih kemudian dilakukan perekaman citra. Perekaman citra TBS sawit dilakukan dengan menyesuaikan TBS sawit sesuai dengan tingkat kematangan yaitu mentah dan matang. TBS sawit yang telah terpisah kemudian direkam dengan menggunakan kamera *handphone* dengan resolusi 64 MP dengan jarak ± 1,5 m. Setelah itu, citra TBS sawit diolah menggunakan program komputer dengan tahapan input citra, digitasi, dan segmentasi. Pada tahapan input citra dimasukkan citra TBS sawit yang

akan diuji. Citra TBS sawit selanjutnya dilakukan digitasi dari citra TBS sawit untuk memilih objek kemudian disegmentasi untuk memisahkan antara objek dan latar belakang. Hasil pengolahan citra TBS sawit berupa digitasi dan segmentasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Pengolahan Citra TBS Sawit

TBS sawit yang telah dipanen kemudian diangkut menuju *loading ramp* untuk dilakukan perekaman data citra dengan menggunakan perangkat komputer. Setelah itu, citra dilakukan digitasi yang berfungsi untuk membantu menghilangkan latar belakang atau bukan objek dari citra TBS sawit. TBS sawit yang telah didigitasi kemudian dilakukan segmentasi citra. Segmentasi citra dilakukan untuk memisahkan objek dengan objek lainnya dalam sebuah citra. Segmentasi citra termasuk salah satu langkah penting dalam pengolahan citra yaitu dapat membantu mengidentifikasi objek, batas, dan fitur dalam citra atau membagi citra menjadi wilayah yang homogen sebagai analisis tindak lanjut (Dijaya, 2023; Orisa & Hidayat, 2019). Citra TBS sawit yang telah diolah kemudian didapatkan nilai R, G, dan B. Setelah itu, nilai RGB dikonversi ke nilai HSV. Adapun nilai warna RGB dan HSV dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Warna RGB dan HSV TBS Sawit

Tingkat Kematangan	R	G	B	H	S	V
Mentah	82,790	67,114	62,530	68,118	24,375	32,516
Matang	131,381	84,633	72,137	25,583	44,723	51,522

Kematangan dari TBS sawit berdasarkan sifat optis ini dapat dilihat dari perubahan fisik buah sawit selama proses kematangan berlangsung. Perubahan tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi lahan, suhu lingkungan, ketinggian lahan, iklim, jenis tanah, varietas, nutrisi, jumlah paparan sinar matahari, waktu pemanenan hingga proses pengolahan (Harahap & Munir, 2022), dan proses pemanenan (Thoriq et al., 2016). Selain itu, faktor yang sangat berpengaruh adalah faktor polinasi yang tidak efisien. Polinasi yang tidak efisien menyebabkan buah tidak terbuahi yang akan menghasilkan partenokarpi pada TBS sawit. TBS sawit yang telah mencapai matang optimum diindikasikan dengan adanya perubahan warna dari hitam kemudian ungu menjadi orange kemerahan dan jingga saat TBS sawit lewat matang (Razali et al., 2012; Veranita et al., 2020).

Nilai RGB dan HSV pada TBS sawit mentah dan matang memiliki perbedaan (Tabel 1). Nilai RGB pada sawit mentah lebih rendah dari pada TBS sawit matang sedangkan nilai HSV TBS sawit didapatkan berbeda-beda. Nilai RGB pada TBS sawit mentah didapatkan sebesar 82,790; 67,114 dan 62,530 sedangkan TBS sawit matang sebesar 131,381; 84,633 dan 72,137. Nilai RGB TBS sawit dipengaruhi oleh jumlah kandungan klorofil yang ada dalam TBS sawit. Semakin tinggi kandungan klorofil TBS sawit maka nilai *green* (G) akan semakin tinggi pula. Sedangkan pada TBS sawit matang lebih banyak mengandung karoten dari pada klorofil yang menyebabkan warna red (R) yang semakin besar dari pada mentah (Ritonga et al., 2023). Nilai HSV pada TBS sawit memiliki perbedaan nilai dengan nilai warna RGB pada tiap kematangan. Nilai *hue* pada TBS sawit mentah lebih tinggi dibandingkan matang sedangkan nilai *saturation* dan *value* lebih tinggi pada TBS sawit matang dari pada mentah. Nilai warna HSV termasuk ke dalam sistem warna yang paling mendekati cara kerja mata manusia dan menggabungkan informasi, baik warna maupun *grayscale* (Pandiangan, 2020). Dengan demikian, tingkat kematangan pada TBS sawit akan mempengaruhi nilai RGB dan HSV yang akan diperoleh.

B. Penentuan Tingkat Kematangan TBS Sawit berdasarkan Sifat Optis

Penentuan dilakukan dengan menggunakan metode *k-means clustering* yang dapat mengelompokkan anggota ke dalam klasternya masing-masing. Penentuan tingkat kematangan

dilakukan berdasarkan karakteristik nilai warna RGB dan HSV TBS sawit. Pada riset ini dilakukan pengelompokkan berdasarkan dua kluster kematangan yaitu mentah dan matang. Setelah itu dilakukan penentuan titik pusat yang diperoleh secara acak, kemudian dihitung jarak terdekat kluster dari titik pusat. Titik pusat kluster awal dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Titik Pusat Kluster Awal

Nilai Warna	Kluster	
	1	2
R	-1,621	1,634
G	-1,677	2,570
B	-1,039	3,289
H	3,048	-0,450
S	-1,475	-0,450
V	-1,628	1,636

Nilai warna TBS sawit pada titik pusat kluster awal berada pada dua kluster. Untuk nilai warna RGB terdapat pada kluster dua sedangkan nilai warna HSV terbagi atas dua kelompok yaitu nilai *hue* terletak pada kluster satu sedangkan nilai *saturation* dan *value* terletak pada kluster dua. Pengelompokkan ini dilakukan dengan melihat nilai terbesar pada masing-masing kluster. Setelah penentuan titik pusat kluster awal kemudian dilakukan iterasi sehingga didapatkan titik pusat akhir dari hasil iterasi. Hasil iterasi dari titik pusat kluster akhir dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Titik Pusat Kluster Akhir

Nilai Warna	Kluster	
	1	2
R	-0,778	0,913
G	-0,702	0,824
B	-0,476	0,559
H	0,228	-0,268
S	-0,505	0,593
V	-0,778	0,913

Pada titik pusat kluster akhir didapatkan nilai warna RGB masih terletak di kluster dua sedangkan nilai HSV terbagi atas dua kluster yaitu nilai *hue* terletak pada kluster satu sedangkan nilai *saturation* dan *value* terletak pada kluster dua. Namun nilai titik pusat kluster akhir mengalami perubahan, baik nilai RGB maupun HSV TBS sawit pada setiap kluster. Untuk melihat pengaruh nilai komponen warna RGB dan HSV terhadap hasil kluster dapat ditentukan dengan menilai signifikan dari hasil pengelompokkan. Nilai signifikansi pada setiap komponen nilai warna RGB dan HSV dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Signifikansi pada Setiap Komponen Nilai Warna RGB dan HSV

Nilai Warna	Klaster		Error		F	Sig.
	Mean Square	df	Mean Square	df		
R	70,975	1	0,286	98	248,196	0,000
G	57,862	1	0,420	98	137,842	0,000
B	26,641	1	0,738	98	36,081	0,000
H	6,114	1	0,948	98	6,450	0,013
S	29,993	1	0,704	98	42,594	0,000
V	71,071	1	0,285	98	249,377	0,000

Hasil dari pengelompokkan diperoleh nilai signifikansi dari setiap komponen nilai warna. Berdasarkan hasil pengujian tersebut menyatakan bahwa seluruh komponen warna baik RGB maupun

HSV dapat digunakan untuk menentukan klaster. Hal ini didapatkan dengan diketahui bahwa nilai signifikansi dari seluruh komponen warna RGB dan HSV memiliki nilai kurang dari 0,05.

C. Pengujian Akurasi Penentuan Tingkat Kematangan TBS Sawit

Akurasi dari penentuan tingkat kematangan TBS sawit dilakukan dengan membandingkan antara tingkat kematangan TBS sawit sebenarnya dengan tingkat kematangan menggunakan metode *k-means clustering*. Nilai akurasi penentuan tingkat kematangan dengan menggunakan *k-means clustering* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Akurasi Tingkat Kematangan TBS Sawit

Tingkat Kematangan	Penentuan	
	Sebenarnya	<i>K-means Clustering</i>
Mentah	50	45
Matang	50	41
Jumlah	100	86
Akurasi (%)		86

Pengujian akurasi penentuan tingkat kematangan TBS sawit berdasarkan sifat optis dengan menggunakan metode *k-means clustering* didapatkan sebesar 86 %. Dengan tingkat kesalahan 14 %. Penentuan pada setiap kematangan TBS sawit terdapat kesalahan, dimana pada TBS sawit mentah terdapat kesalahan prediksi lima sampel TBS sawit sedangkan pada TBS sawit matang terdapat sembilan sampel TBS sawit. Akurasi ini menunjukkan metode *k-means clustering* mampu memprediksi tingkat kematangan berdasarkan sifat optis dengan baik (Harmita, 2004). Hal ini juga sesuai dengan pernyataan Ritonga et al. (2023) yang menyatakan bahwa dengan nilai akurasi 85,71 % mampu untuk mengklasifikasikan tingkat kematangan TBS sawit.

KESIMPULAN

Sifat optis TBS sawit berdasarkan warna yaitu RGB dan HSV dapat menentukan tingkat kematangan TBS sawit dengan menggunakan metode *k-means clustering*. Hasil yang diperoleh didapatkan seluruh komponen warna memiliki pengaruh terhadap penentuan kematangan TBS sawit. Hal ini dibuktikan dengan nilai sigfikansi kurang dari 0,05. Pengujian dari penentuan tingkat kematangan TBS sawit menghasilkan akurasi 86 % dengan tingkat kesalahan sebesar 14 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, J. A. (1999). Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 15, 207–225.
- Alkhairi, P., & Windarto, A. P. (2019). Penerapan K-Means Cluster pada Daerah Potensi Pertanian Karet Produktif di Sumatera Utara. *Seminar Nasional Teknologi Komputer & Sains (SAINTEKS)*, 762–767. <https://seminar-id.com/seminas-sainteks2019.html>
- Cherie, D., Herodian, S., Ahmad, U., Mandang, T., & Makky, M. (2015). Optical characteristics of Oil Palm Fresh Fruits Bunch (FFB) Under Three Spectrum Regions Influence for Harvest Decision. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 5(3), 255–263. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.5.3.534>
- Cherie, D., Makky, M., B, R., & Syukri, D. (2018). *Rekayasa Teknologi Long-Range Detection Berbasis Machine Vision untuk Penentuan Umur Panen Optimum Tandan Buah Segar Kelapa Sawit secara Nondestructive berbasis Gimbal dan Android*.
- Costa, C., Antonucci, F., Pallottino, F., Aguzzi, J., Sun, D. W., & Menesatti, P. (2011). Shape Analysis of Agricultural Products: A Review of Recent Research Advances and Potential Application to Computer Vision. *Food and Bioprocess Technology*, 4(5), 673–692. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0556-0>
- Dijaya, R. (2023). *Buku Ajar Pengolahan Citra Digital*. Umsida Press.

- Goenawan, A. D., Bakhara, M. R. A., & Pulungan, M. P. (2022). Identifikasi Warna pada Objek Citra Digital Secara Real Time Menggunakan Pengolahan Model Warna HSV. *Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer Dan Aplikasinya (SENAMIKA) Jakarta-Indonesia, 1*, 279–289.
- Harahap, A. F. S., & Munir, M. (2022). Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada berbagai Afdeling di Kebun Bah Jambi PT. Perkebunan Nusantara IV. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(1), 99–110. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.1.11>
- Harmita. (2004). Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 1(3), 117–135.
- Himmah, E. F., Widyaningsih, M., & Maysaroh, M. (2020). Identifikasi Kematangan Buah Kelapa Sawit Berdasarkan Warna RGB Dan HSV Menggunakan Metode K-Means Clustering. *Jurnal Sains dan Informatika*, 6(2), 193–202. <https://doi.org/10.34128/jsi.v6i2.242>
- Iman, R., Rahmat, B., & Junaidi, A. (2024). Implementasi Algoritma K-Means dan Knearest Neighbors (KNN) untuk Identifikasi Penyakit Tuberkulosis pada Paru-Paru. *Repeater : Publikasi Teknik Informatika dan Jaringan*, 2(3), 12–25. <https://doi.org/10.62951/repeater.v2i3.77>
- Makky, M., Cherie, D., Mislaini, & Rini B. (2018). *Rekayasa Thermograding untuk Peningkatan Kualitas Produksi Sawit Sumatera Barat Mendukung Ketahanan Pangan*.
- Melidawati, Cherie, D., Fahmy, K., & Makky, M. (2021). Nondestructive Evaluation Quality of Oil Palm Fresh Fruit Funch (FFB) (*Elaeis guineensis* Jack) Based on Optical Properties Using Artificial Neural Network (ANN). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 644(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/644/1/012032>
- Orisa, M., & Hidayat, T. (2019). Analisis Teknik Segmentasi pada Pengolahan Citra. *Jurnal MNEMONIC*, 2(2), 9–13.
- Pandiangan, M. H. S. (2020). Segmentasi Citra Untuk Pencarian Kode Warna Cat Menggunakan Metode Thershold HSV. *Bulletin of Information Technology (BIT)*, 1(3), 134–143.
- Razali, M. H., Halim, A. S. M., & Roslan, S. (2012). A review on Crop Plant production and Ripeness Forecasting. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*.
- Ritonga, A., Munawar, A. A., & Nasution, I. S. (2023). Klasifikasi Kematangan Tandan Buah Segar Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) menggunakan Pengolahan Citra Digital. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 8(3).
- Saputra, R., Dila, R., & Ramadhanu, A. (2024). Klasifikasi Timun Segar dan Busuk menggunakan K-Means Clustering. *Journal of Education Research*, 5(4), 4799–4806.
- 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. *Jurnal Keteknikaan Pertanian*, 8(1), 9–14. <https://doi.org/10.19028/jtep.08.1.9-14>
- Thoriq, A., Herodian, S., & Sutejo, A. (2016). Kajian Karakteristik Spektrum Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit berdasarkan Tingkat Kematangan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Teknotan*, 10(1), 1–10.
- Tumanggor, A. H. U., Cynthia, E. F. T., & Tambun, M. S. M. O. S. S. (2022). Analisis Keandalan Pekerja Sortasi Tandan Segar Buah (TBS) dengan Metode Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART). *Journal of Industrial Engineering and Operation Management*, 5(2), 2620–8184. <https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/jieom/index>
- Veranita, D., Minarni, M., Candra, F., Saktioto, S., & Rabin, M. F. (2020). Pencitraan Hiperspektral untuk Membedakan Asal Tanah Tumbuh Dari Tandan Buah Segar Kelapa Sawit. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 4(3), 761. <https://doi.org/10.30865/mib.v4i3.2219>
- Wardhani, A. K. (2016). Implementasi Algoritma K-means untuk Pengelompokkan Penyakit Pasien pada Puskesmas Kajen Pekalongan. *Jurnal Informatika*, 14(1), 30–37.
- Wu, D., & Sun, D. W. (2013). Colour Measurements by Computer vision for Food Quality Control - A review. *Trends in Food Science and Technology*, 29(1), 5–20. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.08.004>