

Jurnal ***Rekayasa Elektrika***

VOLUME 15 NOMOR 1

April 2019

Identifikasi Tingkat Kematangan Kelapa Sawit Berbasis Pencitraan Termal

61-67

Khusnul Azima, Khairul Munadi, Fitri Arnia, dan Maulisa Oktiana

JRE	Vol. 15	No. 1	Hal 1-74	Banda Aceh, April 2019	ISSN. 1412-4785 e-ISSN. 2252-620X
-----	---------	-------	----------	---------------------------	--------------------------------------

Identifikasi Tingkat Kematangan Kelapa Sawit Berbasis Pencitraan Termal

Khusnul Azima, Khairul Munadi, Fitri Arnia, dan Maulisa Oktiana
Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdul Rauf No. 7, Banda Aceh 23111
e-mail: khusnulazima@gmail.com

Abstrak—Indonesia merupakan produsen terbesar minyak kelapa sawit (*Elaeis guineensis jacq*). Kelapa sawit merupakan komoditi utama dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Kelapa sawit harus dijaga dari segi kualitas sehingga menghasilkan kadar minyak yang optimal dan berkualitas. Sebelumnya penentuan karakteristik kelapa sawit dilakukan secara manual dan pengolahan citra tampak, akan tetapi metode tersebut memiliki kekurangan karena ketergantungan dari individual penyortir dan faktor pencahayaan. Penelitian ini akan memperbarui metode sebelumnya dengan menghasilkan metode indentifikasi tingkat kematangan kelapa sawit berbasis pencitraan termal. Citra termal tidak bergantung pada pencahayaan karena tingkat kematangan ditentukan oleh suhu yang direpresentasikan dengan warna. Metode pendeteksian pada penelitian ini menggunakan fitur berbasis warna yaitu Deskriptor Warna Dominan (DWD) dan *Color Moment*. Hasil dari fitur DWD dan *Color Moment* tersebut menjadi input proses klasifikasi menggunakan metode K-Nearest Neighbor (KNN). Hasil pengimplementasian pencitraan termal untuk mendeteksi tingkat kematangan buah kelapa sawit menunjukkan kinerja pengenalan yang baik yaitu dengan persentase tingkat pengenalan sebesar 89% dan identifikasi tingkat kematangan kelapa sawit menggunakan pencitraan termal lebih efisien karena dikerjakan tanpa campur tangan manusia dan tidak tergantung kepada bantuan pencahayaan.

Kata kunci: minyak kelapa sawit, kematangan, DWD, *Color Moment*, KNN

Abstract—Indonesia is the biggest producer of palm oil (*Elaeis guineensis jacq*). The palm tree is a primary commodity that posses a high economic value. Palm oil must be considered in terms of quality to produce optimal and high-quality oil. Previously, the stipulation of the palm tree characterization used manual and visual image utilization method; it may have weaknesses due to the dependency of individual sorting and coruscation factor. Therefore, this research is aimed to improve the performance of the previous method in identifying the ripeness of palm tree based on thermal imaging. The excess of thermal imaging was not related to the coruscation since the level of ripeness was both determined by the temperature and colour. The detection method of this research deployed the colour-based features that are Dominant Colour Descriptor and Color Moment. The DCD and Color Moment was the input to the K-Nearest Neighbor (KNN) method. The percentage of identification rate was 89%, and the identification of oil palm maturity level using thermal imaging is more efficient because it is done without human intervention and does not depend on lighting assistance compared to manual method and method of using RGB visual images.

Keywords: palm oil, Ripeness, DWD, *Color Moment*, KNN

Copyright © 2019 Jurnal Rekayasa Elektrika. All right reserved

I. PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis jacq*) merupakan tanaman monokotil yang menjadi unggulan utama produk komoditi Indonesia [1]. Indonesia sebagai pengekspor *Crude Palm Oil* (CPO) terbesar di dunia, selalu menjaga dan mengikuti standar buah kelapa sawit internasional sehingga hasil CPO Indonesia banyak dicari oleh industri pangan dan non-pangan internasional. Agar mampu bersaing di pasar domestik dan pasar global, petani, dan pabrik kelapa sawit (PKS) harus memperhatikan beberapa aspek, baik aspek pemeliharaan, teknik budidaya maupun penanganan pasca panen.

Proses penentuan tingkat kematangan buah kelapa sawit dapat dilakukan dengan beberapa cara, yang

pertama dilakukan secara manual dan yang kedua dengan pemanfaatan pencitraan visual. Cara manual yaitu penyortiran buah kelapa sawit memakai tenaga manusia yang bersifat objektif. Proses sortir buah berdasarkan fisik berupa berat ukuran Tandan Buah Segar (TBS) dan warna buah. Sedangkan penentuan tingkat kematangan buah kelapa sawit dengan memanfaatkan pencitraan visual dilakukan dengan menganalisis model warna *Red Green* dan *Blue* (RGB) dari citra visual [1]. Akan tetapi kedua metode tersebut di atas memiliki beberapa keterbatasan, diantaranya yaitu cara manual membutuhkan tenaga ahli yang profesional yang banyak dalam menentukan tingkat kematangan kelapa sawit secara baik dan harus mempunyai sifat ketelitian yang tinggi [2]. Sedangkan cara visual memiliki ketergantungan terhadap sumber pencahayaan

sehingga apabila tidak ada sumber cahaya maka prosesnya tidak dapat dilakukan [3]. Salah satu cara untuk mengatasi kedua hal tersebut adalah dengan memanfaatkan pencitraan termal. Pencitraan termal adalah pencitraan yang memanfaatkan pancaran suhu dari suatu benda yang disebabkan oleh gerak acak partikelnya. Pengambilan pencitraan termal dapat dilakukan dengan menggunakan kamera termal. Kamera termal merupakan alat yang dapat mengukur ukuran suatu radiasi yang bergerak dan tidak bergerak tanpa bergantung pada pencahayaan. Setiap objek yang mengeluarkan energi panas dengan suhu 0°K dapat diketahui dengan kamera termal tanpa melakukan interaksi [1]. Pada penelitian sebelumnya, kualitas TBS dapat ditentukan dengan menganalisis citra visual dan tingkat kematangan Asam Lemak Bebas (ALB) pada kelapa sawit. Pencitraan visual digunakan untuk mengetahui perubahan warna dan dilanjutkan dengan proses pengujian biokimia, hasil analisis warna RGB dan biokimia menjadi dasar dalam membangun Jaringan Saraf Tiruan (JST) [1], [4]. Selain itu, terdapat beberapa algoritma yang digunakan untuk mengklasifikasikan ALB kelapa sawit, salah satunya dengan menggunakan algoritma logika *Fuzzy*. Hasil analisis warna RGB pada citra kelapa sawit akan menjadi input untuk membangun logika *fuzzy*, sehingga dapat diketahui tingkat kandungan ALB di dalam buah kelapa sawit [2], [5]. Selanjutnya, untuk menentukan proses mutu kelapa sawit (matang dan tidak matang) menggunakan pencitraan visual, dilakukan dengan menganalisis model warna *Hue*, *Saturation*, *Intensity* (HSI) dari citra visual. Hasil analisis warna HSI tersebut kemudian menjadi *input* untuk membangun JST untuk mengetahui tingkat kematangan kelapa sawit [6]. Penentuan kualitas kelapa sawit dengan proses pencitraan termal menggunakan kamera termal *prototipe* dan komersial untuk mengukur suhu TBS pada tiga tingkatan yang berbeda. Data suhu yang telah diukur menggunakan kamera kemudian diimpor ke *microsoft excel* untuk

dianalisis dengan *software SPSS* [7].

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan citra termal dalam menentukan kualitas kelapa sawit berdasarkan kematangan buah dan mengembangkan metode baru dalam identifikasi dan klasifikasi kematangan kelapa sawit berdasarkan fitur DWD dan *Color Moment*.

II. STUDI PUSTAKA

A. Tingkat Kematangan dan Konsep Kualitas Kelapa Sawit

Tingkat kematangan buah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas dan menentukan hasil optimum dari sebuah TBS kelapa sawit. TBS yang matang maksimal mempunyai lebih banyak minyak dibandingkan dengan TBS yang belum matang. Pemanenan buah kelapa sawit memerlukan perlakuan khusus dalam menentukan kematangan buah sebagai bahan bakunya, apabila pemanenan buah tidak dilakukan secara objektif maka hasil kualitas CPO akan mempunyai kualitas yang buruk [1]. Tabel 1 dan Gambar 1 menampilkan ciri-ciri dan pengelompokan tingkat kematangan buah kelapa sawit secara konvensional. Sedangkan kategori tingkat kematangan kelapa sawit berdasarkan warna visual dan termal dijabarkan pada Tabel 2.

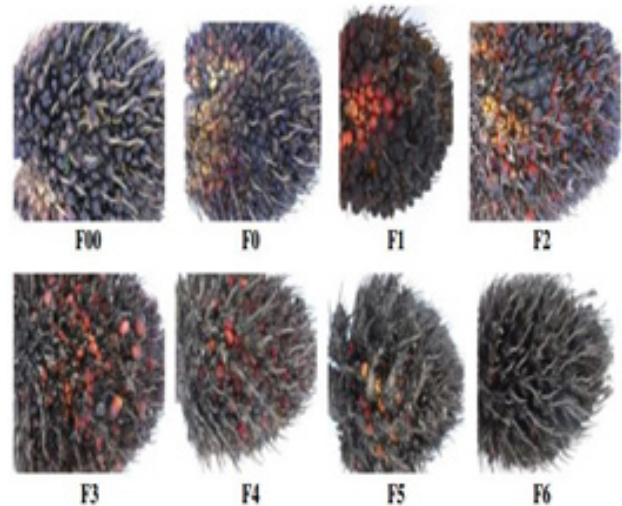
B. Citra Termal dan Radiasi

Citra termal Inframerah (IR) atau sering disebut juga sebagai termografi, merupakan suatu metode diagnosa yang didasarkan pada perbedaan temperatur antar jaringan dari tubuh manusia/energi panas dan merupakan salah satu teknik yang baik dalam visualisasi yang dapat digunakan dalam berbagai bidang pengetahuan. Kamera IR yang modern dapat mengambil atau merekam gambar secara kualitatif dan kuantitatif dari suatu objek sehingga menghasilkan gambar warna-warni dan mampu mengukur suhu permukaan benda [8].

Intensitas radiasi inframerah yang dapat direkam oleh

Tabel 1. Tingkat kematangan tandan kelapa sawit [3], [7]

Fraksi	% Jumlah Brondolan	Derajat Kematangan	Kategori	Suhu
00	Tidak ada, buah masih hitam	Sangat Mentah	Tidak Matang	26-30°K
0	Membrondol 1-12, 5 %	Mentah	Tidak Matang	
1	Membrondol 12-5,25 %	Kurang Matang	Matang	32-37°K
2	Membrondol 25-50 %	Matang I	Matang	
3	Membrondol 50-75 %	Matang II	Matang	
4	Buah dalam ikut membrondol	Lewat Matang I	Terlalu Matang	38-49°K
5	Buah dalam ikut membrondol	Lewat Matang II	Terlalu Matang	
6	Semua buah membrondol	Tandan Kosong	Terlalu Matang	



Gambar 1. Kondisi tingkat fraksi kematangan TBS kelapa sawit [3]

Tabel 2. Kematangan kelapa sawit berdasarkan warna visual dan termal

Kategori	Visual	Termal
Tidak matang	Warna merah muda yang tidak merata, khusus pada bagian ujung tandan buah kelapa sawit tidak terdapat warna merah.	Warna merah bercampur merah bata tua, komposisi banyak warna merah bata.
Matang	Warna merah telah merata, di bagian tengah terdapat warna ungu kecil dan warna merah pigmen lebih dominan di bagian depan dibandingkan pada bagian ujung tandan.	Warna dominan warna kuning campur putih, mendekati tandan terdapat warna kuning kemerahan.
Terlalu matang	Warna merah kirmizi telah sampai ke ujung tandan buah kelapa sawit.	Warna kuning terang terdapat dekat tandan, sedangkan warna putih di bagian tengah dan didominasi warna kuning

termografi kisaran (900-14,000 nanometer atau 0,9-14 μm), sedangkan untuk energi IR disebut juga sebagai semua benda yang memiliki temperatur dari (0°K atau 273.15°C) dan memiliki lebih besar suhu dari suhu mutlak yang akan memancarkan sejumlah panas [8].

Sinar IR dan sinar dalam spektrum adalah satu gelombang elektromagnetik dan merupakan radiasi termal. Semua benda yang mempunyai temperatur di atas nol dapat memancarkan energi panas ke sekitarnya dalam bentuk inframerah yang memancarkan perubahan metabolis dan fisiologis, sedangkan pada energi panasnya mempunyai energi ion positif dan negatif sehingga menghasilkan pergerakan partikel-partikel atom yang didalamnya dapat diubah menjadi radiasi elektromagnetik [8].

C. Aplikasi Pencitraan Termal

Penggunaan pencitraan termal dalam dua dekade terakhir mengalami kemajuan yang pesat, banyak disiplin ilmu yang mulai memakai atau menerapkan citra termal dalam kesehariannya. Beberapa disiplin ilmu yang telah menerapkan yaitu disiplin ilmu komputer, pemantauan kondisi, komponen listrik, pertanian, dan kesehatan.

Pemanfaatan pencitraan termal dalam berbagai bidang disiplin ilmu memudahkan seseorang dalam mendeteksi peristiwa, kejadian, informasi, dan visualisasi tanpa harus berinteraksi dengan objek tersebut. Khususnya, dalam mendeteksi kualitas kematangan buah kelapa sawit, sedangkan sistem yang menggunakan kamera digital untuk mendeteksi atau mengakuisisi citra tampak (*visible image*) mempunyai kekurangan dan kelemahan dari sistemnya yaitu ketergantungan pada pencahayaan (iluminasi).

Implementasi pencitraan termal menggunakan *region of interest* (ROI) sangatlah membantu dalam meningkatkan kandungan informasi karena menggunakan sistem pengkodean secara berbeda pada area tertentu sehingga menghasilkan kualitas yang lebih baik dari area sekitarnya [9].

D. Ekstraksi Fitur Citra Termal

Ekstraksi fitur adalah proses pengindeksan suatu database citra beserta isinya. Setiap ekstraksi fitur merupakan vektor ciri. Ekstraksi fitur dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu *low-level* merupakan ekstraksi ciri berdasarkan isi visual, *middle-level* ekstraksi berdasarkan wilayah dan *high-level* ekstraksi berdasarkan informasi yang terkandung dalam citra.

Pada penelitian ini, fitur yang digunakan adalah Deskriptor Warna Dominan (DWD) dan *Color Moment*.

1. Deskriptor Warna Dominan

DWD menggambarkan distribusi informasi warna gambar yang menonjol pada citra. Deskriptor dapat menggantikan keseluruhan informasi warna pada citra dengan sejumlah kecil perwakilan warna [10], [11]. Proses ekstraksi DWD dilakukan seperti dijelaskan dalam [10], [11].

Hasil ekstraksi fitur DWD menghasilkan nilai C_{dom} dan C_{fin} , dimana C_{dom} merepresentasikan warna dominan pada gambar, sedangkan C_{fin} sebaran piksel persentase warna.

2. Color Moment

Color Moment adalah gambaran dari fitur warna dalam mengkarakterisasi warna gambar. *Color moment* melakukan distribusi warna dari sebuah gambar selalu dengan menggunakan distribusi probabilitas. Perhitungan *moment* digunakan untuk mendapatkan kesamaan warna sebuah gambar, dimana nilai dari kesamaan tersebut digunakan untuk membandingkan gambar data latih dan gambar data uji. Pada penelitian ini, digunakan dua *Color Moment* yaitu: *Mean* (μ), standar deviasi (σ) untuk mewakili distribusi warna dalam gambar [12].

Moment 1-Mean,

$$E_i = \sum_{j=1}^N \frac{1}{N} P_{ij}, \quad (1)$$

moment 2- Standar deviasi,

$$\sigma_i = \sqrt{\left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (P_{ij} - E_i)^2\right)}, \quad (2)$$

dengan N adalah total jumlah pada citra, P_{ij} merupakan nilai dari komponen warna ke- i pada piksel - j dan E_i adalah nilai rata-rata dalam citra ke- i .

Proses ekstraksi fitur pada *Color Moment* menghasilkan nilai Mean RGB dan StdRGB, dimana nilai MeanRGB menjelaskan dari nilai *Mean*, sedangkan nilai StdRGB disebut nilai standar deviasi.

E. K-Nearest Neighbor (KNN)

Algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN) merupakan sebuah metode untuk menentukan kategori berdasarkan data pembelajaran yang jaraknya paling dekat dengan

kategori tersebut. KNN merupakan algoritma *Supervised Learning*, dimana hasil dari *Query Instance* yang baru diklasifikasi berdasarkan mayoritas dari kategori pada KNN. Sedangkan tujuan dari KNN adalah mengklasifikasikan objek baru berdasarkan atribut dan data training [12]. Prinsip kerja KNN adalah mencari jarak terdekat antara data yang akan dievaluasi dengan k tetangga (*neighbor*) terdekatnya dalam data pelatihan. Data pelatihan diproyeksikan ke ruang berdimensi banyak, dimana masing-masing dimensi merepresentasikan fitur dari data.

Langkah-langkah untuk menghitung metode KNN antara lain [13]:

1. Menentukan kategori berdasarkan mayoritas kategori pada k-tetangga;
2. Menghitung jarak antara setiap data yang akan dievaluasi dengan data uji;
3. Mengurutkan jarak yang terbentuk;
4. Menentukan jarak terdekat sampai urutan k;
5. Memasangkan kelas berdasarkan mayoritas kategori. Menentukan jumlah kelas dari tetangga yang terdekat dan tetapkan kelas tersebut sebagai kelas data yang akan dievaluasi,

$$d_i = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_{2i} - x_{1i})^2}, \quad (3)$$

dengan p merepresentasikan dimensi data, x_{1i} merupakan sampel data, dan x_{2i} adalah data uji.

F. Parameter Tingkat Pengenalan

Tingkat pengenalan adalah proses memberi informasi tentang tingkat pengenalan dan skalabilitas dari suatu sistem. Pengenalan dapat dikenalkan dengan membagi data pelatihan besar menjadi data yang lebih kecil. Cara membagi data melalui pengelompokan dan klasifikasi pada sub-model untuk setiap perpecahan.

$$\text{Tingkat Pengenalan} = \frac{\text{Jumlah citra teridentifikasi}}{\text{Jumlah total citra uji}} \times 100\%. \quad (4)$$

III. METODE

Kinerja sistem pencitraan termal kelapa sawit diidentifikasi berdasarkan hasil DWD dan *Color Moment* dan selanjutnya metode KNN digunakan sebagai teknik pengklasifikasian.

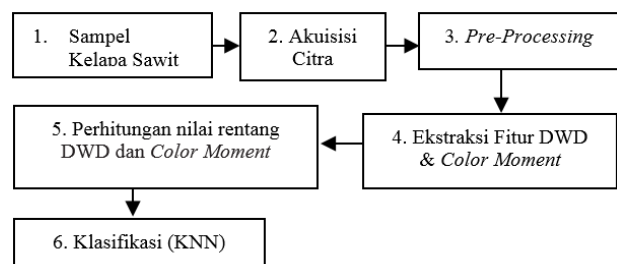
A. Bahan dan Kondisi Simulasi

Simulasi dilakukan menggunakan basis data citra kelapa sawit yang diperoleh dari pengolahan pabrik kelapa sawit (PKS). Basis data tersebut terdiri dari tiga kategori, yaitu kategori tidak matang, matang, dan terlalu matang. Dimana ketiga jenis kategori tersebut dikategorikan oleh petugas atau para ahli penyortiran pada pabrik kelapa sawit menggunakan buku pedoman penelitian standar nasional mutu kelapa sawit.

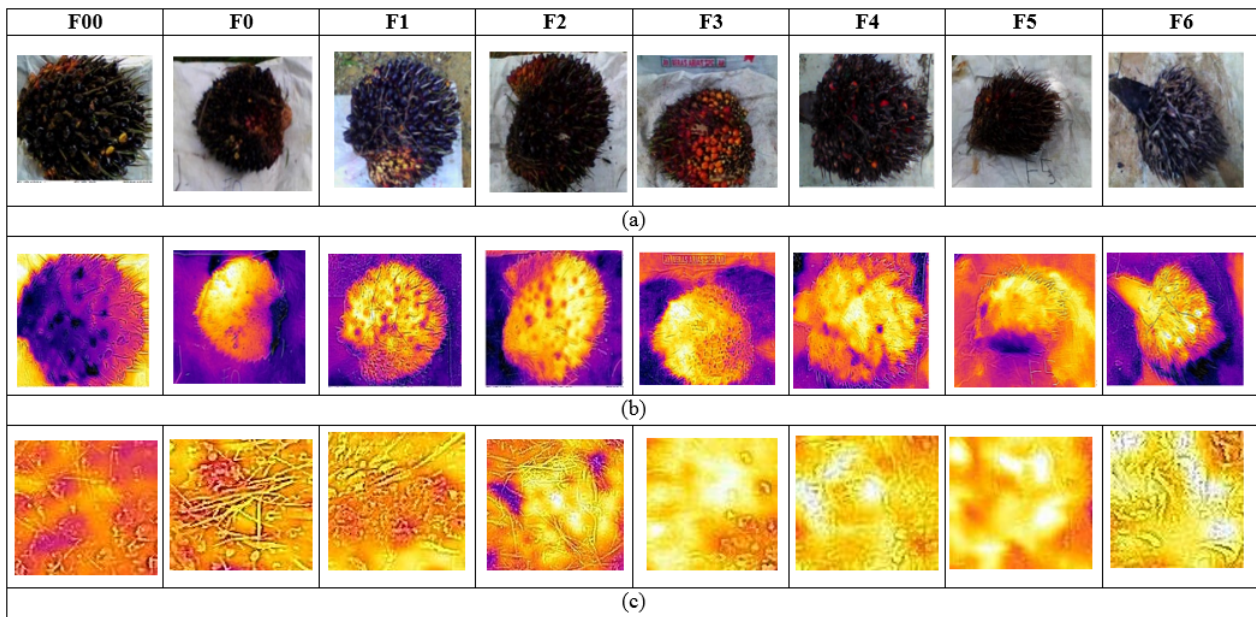
B. Alur Simulasi

Gambar 2 menunjukkan alur simulasi penelitian. Setiap blok dijelaskan sebagai berikut.

1. Sampel yang digunakan berupa citra termal kelapa sawit yang berjumlah 120 sampel yang terdiri dari citra tidak matang berjumlah 40, citra matang 40, dan citra terlalu matang 40;
2. Akuisisi citra: merupakan proses pengambilan citra digital kelapa sawit memakai kamera termal FLIR C2 dimana objek kelapa sawit yang akan diambil citranya ditempatkan di atas karung dan selanjutnya diakuisisi;
3. Pre-processing; setelah data citra diakuisisi maka tahap selanjutnya melakukan pemisahan citra visual dan citra termal menggunakan aplikasi *FLIR Tools*; selanjutnya adalah proses analisis ROI pada bagian tengah citra termal (inti dari buah kelapa sawit) memakai aplikasi matlab;
4. Perhitungan DWD dan *Color Moment*; setelah hasil *cropping* ROI didapatkan, proses selanjutnya adalah ekstraksi fitur, dengan kriteria sebagai berikut:
 - Fitur DWD: Pertama dilakukan konversi citra dari ruang warna RGB ke ruang warna HSV, kemudian dilakukan proses kuantisasi warna HSV dimana terdiri dari sembilan level H, tiga level S, dan tiga level V sehingga menghasilkan 72 warna kuantisasi. Setelah itu, dilakukan perhitungan persentase warna dominan dan selanjutnya didapatkan fitur warna dominan yaitu C_{dom} dan C_{fin} .
 - Fitur *Color Moment* merupakan representasi dari fitur warna yang dapat mengkarakterisasikan warna pada citra. Fitur ini digunakan untuk mendapatkan kesamaan warna sebuah gambar. Tahap pertama dilakukan perhitungan dari nilai rata-rata (MeanR, MeanG, MeanB). Tahap kedua dilakukan perhitungan nilai standar deviasi (StdR, StdG, StdB) yang terdapat pada citra. Sedangkan tahap terakhir pengambilan fitur MeanRGB dan StdRGB.
5. Perhitungan nilai rentang DWD dan *Color Moment*: Setelah data hasil ekstraksi fitur didapatkan, selanjutnya mencari nilai rentang DWD dan *Color Moment* dengan menganalisis hasil simulasi matlab. Nilai rentang merupakan nilai rata-rata penjumlahan dari setiap sampel dataset. Nilai rentang digunakan untuk melihat tingkat kematangan setiap kategori atau nilai sebaran piksel. Rentang sebaran DWD dan *Color*



Gambar 2. Alur simulasi penelitian



Gambar 3. Contoh citra (a) kelapa sawit visual; (b) termal; (c) ROI

Moment berdasarkan hasil citra uji ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

- Setelah hasil rentang DWD dan *Color Moment* didapatkan, maka proses selanjutnya adalah melakukan pengklasifikasian menggunakan metode KNN, klasifikasi KNN mengambil nilai dari fitur untuk memprediksi label kategori kelas.

Proses pengambilan fitur klasifikasi KNN dijelaskan sebagai berikut:

- Menggabungkan hasil atribut DWD dan *Color Moment* pada satu bagian, atribut yang digunakan adalah MeanRGB, StdRGB, C_{dom} , dan C_{fin} .
- Membagi hasil atribut ke dalam kelas: Latih, Kelas, Test, dan Kelas.
- Melakukan klasifikasi atau pengelompokan data berdasarkan data pembelajaran dengan jarak paling dekat dengan kategori tersebut.

Gambar 3 menjelaskan kategori tingkat kematangan kelapa sawit berdasarkan Tabel 1, dimana fraksi F00–F0 merupakan tingkat kategori “Tidak matang”, sedangkan fraksi F1–F3 merupakan tingkat kategori “Matang” dan F4–F6 merupakan tingkat kategori “Terlalu matang”.

C. Skenario Pengujian

Penelitian ini diuji menggunakan basis data yang telah diakuisisi seperti dijelaskan pada bagian sebelumnya. Jumlah basis data yang digunakan adalah 120 citra termal buah kelapa sawit dimana citra tersebut dikelompokkan ke dalam 3 kategori yaitu: kategori “tidak matang”, “matang” dan “terlalu matang”. Masing-masing citra dalam setiap kategori akan menjadi citra *query*, sehingga untuk satu kategori dilakukan 40 kali pengujian. Total pengujian berjumlah 120. Tahapan selanjutnya menghitung nilai dari C_{dom} , C_{fin} , MeanRGB, dan StdRGB untuk mengetahui

performansi DWD dan *Color Moment*, sedangkan tahapan akhir yaitu menentukan tingkat kematangan menggunakan klasifikasi KNN berdasarkan nilai input DWD dan *Color Moment*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

- Pengujian menggunakan metode DWD.

Nilai yang dihasilkan dengan menggunakan metode DWD dari masing-masing citra TBS kelapa sawit. Beberapa citra uji kelapa sawit dan hasil dapat dilihat pada Tabel 3.

- Pengujian menggunakan metode *Color Moment*. Hasil pengujian *Color Moment* untuk beberapa *query*, dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

- Pengujian menggunakan klasifikasi (KNN).

Setelah melakukan tahapan alur penelitian dan mendapatkan hasil ekstraksi fitur, langkah selanjutnya melakukan pengklasifikasian menggunakan metode KNN. KNN mengklasifikasikan objek baru berdasarkan atribut dan data training. Pada proses penelitian diambil data sampel berjumlah 120 yang terdiri dari 40 citra tidak matang, 40 citra matang dan 40 citra terlalu matang. Setiap sampel kemudian di masukkan ke dalam kelas yang telah ditentukan dengan rincian sebagai berikut:

- Latih: 75 data sampel yang terdiri dari 25 tidak matang, 25 matang dan 25 terlalu matang. Nilai atribut yang ada: MeanRGB, StdRGB, C_{dom} , C_{fin} dan jenis *query*.
- Kelas: keterangan jenis *query* dari sampel latih. Nilai atribut yang ada: jenis *query*.
- Test: 45 data sampel yang terdiri dari 15 tidak matang, 15 matang, dan 15 terlalu matang. Nilai

atribut yang ada: MeanRGB, StdRGB, C_{dom} , C_{fin} dan jenis *query*.

- Kelas: keterangan jenis *query* dari sampel test. Nilai atribut yang ada: jenis *query*.

Tabel 3 berikut ini merupakan hasil pengujian beberapa sampel citra uji menggunakan metode ekstraksi DWD dan *Color Moment*.

B. Pembahasan Penelitian

1. Pembahasan metode DWD dan *Color Moment*.

Berdasarkan hasil pengujian DWD pada Tabel 3 sebelumnya dapat disimpulkan bahwa DWD memiliki nilai rentang minimum dan maksimum seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Berdasarkan keterangan nilai di atas diketahui bahwa nilai DWD mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- Tidak matang: Sebaran piksel rendah dan komposisi warna merah sedikit tidak terang.
- Matang: Sebaran piksel sedang dan komposisi warna sedang merah sedang terang.
- Terlalu matang: Sebaran piksel tinggi dan komposisi warna merah banyak terang.

Nilai keterangan ini berkaitan dengan Tabel 1 dan kategori tingkat kematangan berdasarkan warna visual dan termal pada Gambar 3, dimana nilai sebaran piksel berkaitan dengan warna dan suhu. Apabila sebaran piksel rendah maka komposisi warna merah sedikit di bagian inti dan suhu termal berkisar 26-29, sehingga dapat disimpulkan tingkat kematangan TBS tidak matang, sedangkan sebaran piksel sedang maka komposisi warna merah sedang di bagian inti dan suhu termal berkisar 32-37.

Berdasarkan hasil pengujian *Color Moment* pada

Tabel 3. Nilai hasil DWD

Nilai DWD					
Tidak matang		Matang		Terlalu matang	
Jenis	Nilai DWD	Jenis	Nilai DWD	Jenis	Nilai DWD
Citra Uji 1	15,5428	Citra Uji 1	20,9768	Citra Uji 1	23,2412
Citra Uji 2	14,9548	Citra Uji 2	21,268	Citra Uji 2	23,136
Citra Uji 3	13,3044	Citra Uji 3	22,0168	Citra Uji 3	24,5744
Citra Uji 4	11,798	Citra Uji 4	22,3384	Citra Uji 4	24,6508
Citra Uji 5	15,1252	Citra Uji 5	19,8816	Citra Uji 5	23,86
Citra Uji 6	9,3104	Citra Uji 6	18,112	Citra Uji 6	24,064
Citra Uji 7	14,6968	Citra Uji 7	20,8448	Citra Uji 7	23,1444
Citra Uji 8	11,1972	Citra Uji 8	18,928	Citra Uji 8	24,1004
Citra Uji 9	12,0068	Citra Uji 9	19,194	Citra Uji 9	24,306
Citra Uji 10	17,6536	Citra Uji 10	19,3464	Citra Uji 10	24,4316
Min	9,3104	Min	18,112	Min	23,136
Max	17,6536	Max	22,3384	Max	24,6508

Tabel 4 sebelumnya dapat disimpulkan bahwa:

- Semakin tinggi nilai sebaran piksel MeanR dari suatu dataset maka dapat disimpulkan tingkat kematangan TBS semakin matang.
- Nilai Standar deviasi StdR untuk tingkat terlalu matang memiliki nilai sebaran piksel lebih rendah dibandingkan dengan matang dan tidak matang.

2. Pembahasan klasifikasi metode KNN.

Setelah melakukan penggabungan nilai atribut dari MeanRGB, StdRGB, C_{dom} dan C_{fin} , maka didapatkan pengklasifikasian terhadap data sampel. Hasil prediksi nilai klasifikasi bergantung pada kelas latih dan test. Keberhasilan sesuatu klasifikasi dapat ditentukan dengan nilai kelas, jika hasil klasifikasi dan nilai kelas mempunyai kesamaan nilai maka dapat dipastikan nilai keakurasian penelitian tersebut tinggi.

Hasil klasifikasi tingkat kematangan kelapa sawit menggunakan metode KNN sebagai berikut; terdapat tiga kategori saat mengelompokkan tingkat kematangan kelapa sawit yang diuji menggunakan metode KNN yaitu kategori “Tidakmatang”, “Matang” dan “Terlalumatang”. Setiap kategori diuji menggunakan 15 sampel berbeda dari masing-masing kategori. Hasil klasifikasi tingkat kematangan “Tidakmatang” setelah dilakukan pengujian terdapat satu nilai data sampel yang *error*. Sampel yang seharusnya dikategorikan “Tidakmatang”, tetapi dikategorikan “Matang”. Pada hasil klasifikasi kategori “Matang” setelah dilakukan pengujian terdapat dua nilai data sampel yang *error*. Sampel yang seharusnya dikategorikan “Matang”, tetapi dikategorikan sebagai “Terlalumatang”. Sedangkan proses klasifikasi kategori “Terlalumatang” terdapat 2 nilai data sampel yang *error*. Sampel yang seharusnya dikategorikan “Terlalumatang”,

Tabel 4. Nilai hasil *color moment*

Color Moment				
No	Atribut	Tidak Matang	Matang	Terlalu Matang
1	Nilai MeanR	230.6569786	236.8804254	243.1275415
2	Nilai StdR	26.16939955	23.22979941	13.34124081
3	Nilai MeanG	113.7273545	160.0396681	213.4364327
4	Nilai StdG	49.67035443	54.66986766	30.01429652
5	Nilai MeanB	50.93393418	43.99934975	66.19272114
6	Nilai StdB	40.45236216	43.45002915	57.62176516

Tabel 5. Nilai Minimum dan Maksimum DWD

No	Jenis	Fitur DWD
1	Tidak Matang	9-17
2	Matang	18-22
3	Terlalu Matang	23-24

tetapi dikategorikan sebagai kategori “Matang”.

Perhitungan sampel dataset menggunakan *Recognition Rate* :

1. Tidak Matang: 93%
2. Matang: 86%
3. Terlalu Matang: 86%.

Berdasarkan keterangan di atas dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Hasil prediksi dari 45 dataset yang terdiri dari 15 sampel kategori “Tidakmatang”, 15 sampel kategori “Matang” dan 15 sampel kategori “Terlulumatang”, terdapat nilai lima yang *error* dan 40 dataset yang berhasil. Sedangkan nilai akurasi rata-rata menggunakan *Recognition Rate* adalah 89%;
2. Nilai *error* banyak ditemukan pada kategori “Matang” dan “Terlulumatang”;
3. Nilai yang banyak berhasil terdapat pada kategori “Tidakmatang”.

V. KESIMPULAN

Identifikasi tingkat kematangan kelapa sawit menggunakan pencitraan termal lebih efisien karena dikerjakan tanpa campur tangan manusia dan tidak tergantung kepada bantuan pencahayaan dibandingkan dengan metode manual dan metode pemanfaatan citra visual RGB. Penelitian ini menggunakan fitur warna DWD dan *Color Moment*. Fitur warna DWD digunakan untuk mengetahui warna merah yang dominan (yang sering muncul) dalam buah kelapa sawit, dimana semakin tinggi nilai sebaran piksel DWD (dengan warna merah terang) maka dikatakan buah kelapa sawit semakin matang. Sedangkan Fitur *Color Moment* digunakan sebagai pelengkap detail informasi dari warna merah yang dominan dalam buah kelapa sawit, dimana buah kelapa sawit yang matang memiliki nilai dari sebaran MeanR yang tinggi dan nilai StdR memiliki nilai sebaran rendah pada area inti buah kelapa sawit atau TBS. Hasil pengimplementasian pencitraan termal untuk mendeteksi tingkat kematangan buah kelapa sawit menunjukkan kinerja pengenalan yang baik yaitu dengan persentase tingkat pengenalan sebesar 89%.

REFERENSI

- [1] M. Makky, “A Portable Low-cost Non-destructive Ripeness Inspection for Oil Palm FFB,” *Ital. Oral Surg.*, vol. 9, pp. 230–240, 2016.
- [2] R. Rohendar, “Pendugaan Tingkat Kematangan Buah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* jacq) Berdasarkan Pengolahan Citra Menggunakan Metode Logika Fuzzy,” Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, 2013.
- [3] M. Makky and P. Soni, “In situ quality assessment of intact oil palm fresh fruit bunches using rapid portable non-contact and non-destructive approach,” *J. Food Eng.*, vol. 120, pp. 248–259, 2014.
- [4] N. Fadilah, et al., “Intelligent Color Vision System for Ripeness Classification of Oil Palm Fresh Fruit Bunch,” *Sensors*, doi. 10.3390/s121014179, Malaysia, December 2012.
- [5] Z. May and M. H. Amaran, “Automated Ripeness Assessment of Oil Palm Fruit Using RGB and Fuzzy Logic Technique,” pp. 52–59.
- [6] M. K. Shabdin, et al., “A study on the oil palm fresh fruit bunch (FFB) ripeness detection by using Hue , Saturation and Intensity (HSI) approach A study on the oil palm fresh fruit bunch (FFB) ripeness detection by using Hue , Saturation and Intensity (HSI) approach,” *Earth Environ. sci.* 37012039, 2016.
- [7] M. Shariff, et al., “Comparison of mean temperature taken between commercial and prototype thermal sensor in estimating mean temperature of oil palm fresh fruit bunches,” *IFRJ.*, vol. 23, no. December, pp. 91–95, 2016.
- [8] J. Fraden, “Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications,” Fourth Edi., New York Heidelberg Dordrecht London: April, 2010.
- [9] L. Zhang and A. Li, “Region-of-Interest Extraction Based on Saliency Analysis of Co-Occurrence Histogram in High Spatial Resolution Remote Sensing Images,” in *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 8, no. 5, pp. 2111–2124, May 2015.
- [10] Y. Dhyanti, K. Munadi, and F. Arnia, “Penerapan Deskriptor Warna Dominan untuk Penerapan Deskriptor Warna Dominan untuk Temu Kembali Citra Busana pada Peranti Bergerak,” vol. 12, no. 3, ISSN.1412-4785, Banda Aceh, December 2016.
- [11] M. Oktiana, F. Arnia and K. Munadi, “Retrieval performance of color descriptors derived from DC components of protected JPEG images,” 2016 Asia Pacific Conference on Multimedia and Broadcasting (APMediaCast), Bali, pp. 53–59 , 2016.
- [12] V. Vinayak, “CBIR System using Color Moment and Color Auto-Correlogram with Block CBIR System using Color Moment and Color Auto-Correlogram with Block Truncation Coding,” *International Journal of Computer Application*, vol.161, no.9, pp. 0975-8887, March 2017.
- [13] Z. Zhang, T. Jiang, S. Li, and Y. Yang, “Automated feature learning for nonlinear process monitoring – An approach using stacked denoising autoencoder and k-nearest neighbor rule,” *J. Process Control*, vol. 64, pp. 49–61, 2018.

Penerbit:

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111

website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE>

email: rekayasa.elektrika@unsyiah.net

Telp/Fax: (0651) 7554336

