

**YAYASAN LEMBAGA PENDIDIKAN ISLAM DAERAH RIAU  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
FAKULTAS TEKNIK**

---

**PENGOLAHAN CITRA KLASIFIKASI TINGKAT  
KEMATANGAN TANDAN BUAH SEGAR (TBS) KELAPA  
SAWIT**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Penyusunan Skripsi Pada Fakultas Teknik  
Universitas Islam Riau Pekanbaru



MUHAMMAD NUR SUBAHAN  
153510373

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2021**

## LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Nur Subahan  
Tempat/Tgl Lahir : Kampar, 16 Januari 1997  
Alamat : Jl. Ketapang no 18, Marpoyan Damai, Pekanbaru  
Adalah mahasiswa Universitas Islam Riau yang terdaftar pada:  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Informatika  
Jenjang Pendidikan : Strata-1 (S1)

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang saya tulis adalah benar dan asli hasil dari penelitian yang telah saya lakukan dengan judul **“Pengolahan Citra Klasifikasi Tingkat Kematangan Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit”**.

Apabila di kemudian hari ada yang merasa dirugikan atau menuntut karena penelitian ini menggunakan sebagian hasil tulisan atau karya orang lain tanpa mencantumkan nama penulis yang bersangkutan, atau terbukti karya ilmiah ini bukan karya saya sendiri atau plagiat hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 17 Juni 2021

Yang membuat pernyataan,

( Muhammad Nur Subahan)

## LEMBAR IDENTITAS PENULIS

Nama : Muhammad Nur Subahan  
NPM : 153510373  
Tempat/Tanggal Lahir : Kampar, 16 Januari 1997  
Alamat Orang Tua : Beringin Makmur, Kerumutan, Pelalawan, Riau  
Nama Orang Tua :  
Nama Ayah : Romli  
Nama Ibu : Sumiatun  
No.HP/Telp : 082170324462  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Informatika  
Masuk Th.Ajaran : 2015  
Keluar Th. Ajaran : 2021  
Judul Penelitian : Pengolahan Citra Klasifikasi Tingkat Kematangan Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit

Pekanbaru, 24 Maret 2021

**Muhammad Nur Subahan**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil 'Alamin, segala puji syukur ucapkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan tugas akhir ini dengan judul “Pengolahan Citra Klasifikasi Tingkat Kematangan Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit” terselesaikan tepat pada waktu yang telah ditentukan. Tak lupa kepada Nabi Besar Muhammad SAW atas perjuangan Beliau dalam memperkenalkan ilmu kepada umat hingga saat sekarang ini dengan menghadiahkan Beliau shalawat agar kita semua diberi syafaatnya di akhirat kelak. Aamiin Ya Rabbal Alamin.

Dalam penyusunan proposal tugas akhir ini, penulis sadar bahwa tanpa bantuan dan bimbingan berbagai pihak maka proposal ini sulit untuk terwujud. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua yaitu Bapak Romli dan Ibu Sumiatun dan Kakak Siti Nurasih yang selalu mendo'akan, serta memberikan dukungan moril maupun materil.
2. Ibu Ause Labellapansa, ST., M.Cs., M.Kom, selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Riau sekaligus selaku Dosen Pembimbing yang telah sabar memberikan bimbingan serta arahnya hingga penelitian ini terselesaikan.
3. Bapak Apri Siswanto S.Kom., M.Kom, selaku Dosen Pembimbing Akademis.
4. Ibu Ana Yulianti, ST., M.Kom dan Ibu Ir. Des Suryani, M.Sc., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan arahan untuk pengembangan penelitian ini yang lebih baik lagi.

5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Informatika yang mendidik serta memberi arahan dan ilmunya selama penulis menduduki bangku perkuliahan.
6. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Informatika Universitas Islam Riau dan anggota Group Robotik Otomasi Teknik-UIR (GROOT-UIR), yang telah memberikan dorongan semangat dan motivasi selama penyusunan laporan tugas akhir ini terutama Fikri Agustian, Dheo Rahmawansya, Edwin Julian, Dhea Andika dan M Amin Roidbafi.
7. Dan terakhir, untuk semua pihak yang tidak bisa disebutkan namanya satu-per-satu yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Terlepas dari semua itu, Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih ada kekurangan baik dari segi penyusunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena, itu dengan tangan terbuka Penulis menerima segala saran dan kritik agar Penulis dapat memperbaiki laporan tugas akhir ini.

Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat menambah ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Pekanbaru, 08 Januari 2021

Muhammad Nur Subahan

NPM.153510373

# Pengolahan Citra Klasifikasi Tingkat Kematangan Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit

Muhammad Nur Subahan  
Fakultas Teknik  
Program Studi Teknik Informatika  
Universitas Islam Riau  
Email : muhammadnursubahan@student.uir.ac.id

## ABSTRAK

Indonesia adalah negara pemilik luas perkebunan kelapa sawit terbesar didunia pada tahun 2010-2014 yaitu seluas 110 juta hektar dan negara penghasil *Crude Palm Oil* (CPO) terbesar didunia dengan tingkat produktivitas hingga 48,44%. Namun, tingkat produksi Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit Indonesia hanya berada pada posisi dengan produksi 16,99 ton/ha. Rendahnya tingkat produktivitas TBS dipengaruhi oleh dua faktor utama yaitu keberhasilan panen di area perkebunan kelapa sawit dan pemilahan TBS yang diproduksi oleh Pabrik Kelapa Sawit (PKS) masih tergolong konvensional sehingga mempengaruhi kecepatan produksi TBS tersebut. Perlu adanya suatu sistem yang membuat proses pemilahan TBS secara cepat dan akurat. Penelitian ini menggunakan pengolahan citra digital dengan menerapkan algoritma jaringan syaraf tiruan *Radial Basis Function* (RBF) serta mengambil citra warna *Hue*, *Saturation* dan *Value* (HSV) sebagai metode untuk mengklasifikasikan antara TBS kelapa sawit yang mentah dan matang. Jumlah data yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 21 data citra uji tandan buah segar (TBS) kelapa sawit. Berdasarkan hasil pengujian akurasi sistem memiliki tingkat akurasi yang tergolong tinggi yaitu sebesar 95,2% menunjukkan bahwa sistem pengolahan citra klasifikasi tingkat kematangan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit ini dapat diterapkan.

**Kata Kunci:** Tandan Buah Segar (TBS), Kelapa Sawit, Pengolahan Citra, *Radial Basis Function* (RBF), HSV

## ***Image Processing Classification of Oil Palm Fresh Fruit Bunches (FFB) Maturity Level***

*Muhammad Nur Subahan  
Faculty of Engineering  
Informatics Engineering  
Islamic University of Riau  
Email: muhammadnursubahan@student.uir.ac.id*

### **ABSTRACT**

*Indonesia is the country that owns the largest oil palm plantation area in the world in 2010-2014, covering an area of 110 million hectares and is the world's largest producer of Crude Palm Oil (CPO) with a productivity level of up to 48.44%. However, the production level of Indonesian palm fresh fruit bunches (FFB) is only at a position with a production of 16.99 ton / ha. The low level of FFB productivity is influenced by two main factors, namely the success of the harvest in the oil palm plantation area and the sorting of FFB produced by the Palm Oil Mill (POM) is still classified as conventional so that it affects the speed of FFB production. There is a need for a system that makes the FFB sorting process fast and accurate. This study uses digital image processing by applying the Radial Basis Function (RBF) artificial neural network algorithm and taking color images of Hue, Saturation and Value (HSV) as a method for classifying between raw and ripe palm FFB. The amount of data used in this study amounted to 21 image testing data of oil palm fresh fruit bunches (FFB). Based on the results of testing the accuracy of the system has a relatively high level of accuracy, which is 95,2%, indicating that the classification system for the classification of the maturity level of oil palm fresh fruit bunches (FFB) can be applied.*

**Keywords:** *Fresh Fruit Bunches (FFB), Oil Palm, Image Processing, Radial Basis Function (RBF), HSV*

## DAFTAR ISI

	<b>Hal</b>
KATA PENGANTAR .....	i
ABSTRAK .....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
BAB I .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah .....	4
1.4. Rumusan Masalah.....	4
1.5. Tujuan Penelitian .....	5
1.6. Manfaat Penelitian .....	5
1.7. Rincian Pelaksanaan .....	5
BAB II.....	7
2.1. Tinjauan Pustaka.....	7
2.2. Dasar Teori.....	9
2.2.1. Sistem.....	9
2.2.2. Definisi Citra.....	9



2.2.3.	Elemen – Elemen Dasar Citra Digital.....	10
2.2.4.	Citra Berwarna .....	11
2.2.5.	Ruang Warna HSV.....	13
2.2.6.	Konversi Data Citra RGB menjadi Data Citra HSV .....	13
2.2.7.	<i>Radial Basis Function</i> (RBF).....	19
2.2.8.	Fungsi Aktivasi .....	27
2.2.9.	Pengujian Akurasi Klasifikasi.....	28
2.2.10.	Klasifikasi .....	29
2.2.11.	Kelapa Sawit .....	30
2.2.12.	Kematangan Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit.....	31
2.2.13.	DFD.....	32
2.2.14.	<i>Flowchart</i> .....	33
BAB III .....		35
3.1.	Alat dan Bahan Penelitian yang Digunakan .....	35
3.1.1.	Teknik Pengumpulan Data.....	35
3.1.2.	Alat Penelitian.....	35
3.2.	Analisa Sistem yang Sedang Berjalan .....	36
3.3.	Rancangan Pengembangan Sistem .....	37
3.3.1.	Diagram Konteks .....	38
3.3.2.	<i>Hierarchy Chart</i> .....	39

3.3.3.	Data <i>Flow</i> Diagram (DFD) .....	39
3.3.4.	Desain <i>Ouput</i> .....	40
3.3.5.	Desain <i>Input</i> .....	41
3.3.6.	Desain Database .....	42
BAB IV	.....	48
4.1	Pengujian Hasil .....	48
4.1.1	Pengujian Akurasi Aplikasi .....	48
4.2	Pengujian <i>Blackbox</i> .....	52
4.2.1	Pengujian <i>Form Login</i> .....	52
4.2.2	Pengujian Data <i>Training</i> .....	53
4.2.2	Pengujian Data <i>Testing</i> .....	56
4.3	Pengujian Aplikasi Terhadap Pengguna.....	57
BAB V	.....	61
5.1	Kesimpulan .....	61
5.2	Saran .....	61
DAFTAR PUSTAKA	.....	62

## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2. 1 Komponen Warna RGB .....	11
Tabel 2. 2 Matriks Piksel Sisi Kanan <i>Red</i> .....	14
Tabel 2. 3 Matriks Piksel Sisi Kiri <i>Red</i> .....	14
Tabel 2. 4 Matriks Piksel Sisi Atas <i>Red</i> .....	15
Tabel 2. 5 Matriks Piksel Sisi Kanan <i>Green</i> .....	15
Tabel 2. 6 Matriks Piksel Sisi Kiri <i>Green</i> .....	15
Tabel 2. 7 Matriks Piksel Sisi Atas <i>Green</i> .....	15
Tabel 2. 8 Matriks Piksel Sisi Kanan <i>Blue</i> .....	15
Tabel 2. 9 Matriks Piksel Sisi Kiri <i>Blue</i> .....	15
Tabel 2. 10 Matriks Piksel Sisi Atas <i>Blue</i> .....	16
Tabel 2. 11 Tabel Matriks sisi <i>Red</i> .....	16
Tabel 2. 12 Tabel Matriks sisi <i>Green</i> .....	16
Tabel 2. 13 Tabel Matriks sisi <i>Blue</i> .....	16
Tabel 2. 14 Tabel Matriks normalisasi sisi <i>Red</i> .....	17
Tabel 2. 15 Tabel Matriks normalisasi sisi <i>Green</i> .....	17
Tabel 2. 16 Tabel Matriks normalisasi sisi <i>Blue</i> .....	17
Tabel 2. 17 Tabel Nilai <i>Value</i> (V).....	18
Tabel 2. 18 Tabel Nilai <i>Saturation</i> (S).....	18
Tabel 2. 19 Tabel Nilai <i>Hue</i> (H).....	19
Tabel 2. 20 Tabel Contoh Nilai Masukan Data <i>Training</i> .....	21
Tabel 2. 21 Tabel RBF Langkah 1 Contoh Nilai Rata-Rata.....	22

Tabel 2. 22 Tabel RBF Langkah 2 Min Max .....	22
Tabel 2. 23 Tabel RBF Langkah 2 Nilai Jarak Euclidean Data Training .....	23
Tabel 2. 24 Tabel RBF Langkah 3 Nilai Aktivasi <i>Gaussian</i> Data Training .....	23
Tabel 2. 25 Tabel RBF Target (d) kelas TBS kelapa sawit .....	24
Tabel 2. 26 Tabel RBF Nilai Bobot (W) dan Bias (b) .....	25
Tabel 2. 27 Tabel RBF Contoh Tabel Data <i>Testing</i> .....	25
Tabel 2. 28 Tabel RBF Nilai Jarak <i>Euclidean</i> Data <i>Testing</i> .....	25
Tabel 2. 29 Tabel RBF Nilai Aktivasi <i>Gaussian</i> Data <i>Testing</i> .....	26
Tabel 2. 30 Pengujian <i>Confusion Matrix</i> (Tan, Steinbach dan Kumar 1981) .....	28
Tabel 2. 31 DFD Gane dan Sarson .....	32
Tabel 2. 32 Simbol dan Fungsi <i>Flowchart</i> .....	33
Tabel 3. 1 Tabel Admin .....	42
Tabel 3. 2 Tabel Data Citra .....	43
Tabel 4. 1 Pengujian Akurasi Sistem .....	49
Tabel 4. 2 Tabel Perhitungan Data Citra <i>Confusion Matrix</i> .....	51
Tabel 4. 3 Tabel Data <i>Training</i> .....	54
Tabel 4. 4 Pengujian Form Data <i>Training</i> .....	55
Tabel 4. 5 Hasil Persentasi Kuisisioner .....	57

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2. 1 Komponen warna RGB dalam ruang tiga dimensi .....	12
Gambar 2. 2 Citra berwarna dan representasi warnanya pada setiap piksel dengan nilai R, G, B .....	12
Gambar 2. 3 Ruang warna HSV .....	13
Gambar 2. 4 Struktur algoritma JST <i>Radial Basis Function</i> (RBF) .....	20
Gambar 2. 5 Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit Mentah dan Matang.....	31
Gambar 3. 1 Analisa Sistem yang Sedang Berjalan.....	37
Gambar 3. 2 Analisa Sistem yang Diusulkan .....	37
Gambar 3. 3 Diagram Konteks.....	38
Gambar 3. 4 <i>Hierarchy Chart</i> .....	39
Gambar 3. 5 DFD Level 0.....	40
Gambar 3. 6 Desain <i>Output Data Training</i> .....	41
Gambar 3. 7 Desain <i>input Data Training</i> .....	41
Gambar 3. 8 Desain <i>Input Data Testing</i> .....	42
Gambar 3. 9 Desain Antarmuka.....	43
Gambar 3. 10 Program <i>Flowchart Login</i> .....	44
Gambar 3. 11 Program <i>Flowchart Menu Utama</i> .....	45
Gambar 3. 12 Program <i>Flowchart Input Data Training</i> .....	46
Gambar 3. 13 Program <i>Flowchart Input Data Testing</i> .....	47
Gambar 4. 1 Pengujian <i>Form Login</i> .....	52
Gambar 4. 2 <i>Data Training</i> .....	53

Gambar 4. 3 Form Tambah Data Training..... 54

Gambar 4. 4 Form Menu Data *Testing*..... 56



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara penghasil *Crude Palm Oil* (CPO) terbesar di dunia dengan tingkat produktivitas mencapai 48,44% dan sebagai negara yang memiliki luas perkebunan terbesar yaitu 110 juta hektar berdasarkan data dari *Food and Agriculture Organization of the United State* (FAO) pada tahun 2010-2014 (Pertanian 2016). Meskipun negara Indonesia sebagai penghasil *Crude Palm Oil* (CPO) terbesar, namun tingkat produksi tandan buah segar (TBS) kelapa sawit Indonesia hanya berada pada posisi ketujuh di dunia dengan produksi 16,99 ton/ha (Statistik 2018). Terdapat dua faktor utama rendahnya tingkat produktivitas TBS yaitu keberhasilan panen di area perkebunan kelapa sawit dan kecepatan pengolahan TBS yang diproduksi pabrik kelapa sawit (PKS). Fokus pada penelitian saat ini adalah peningkatan kecepatan pengolahan TBS di pabrik kelapa sawit (PKS).

Permasalahan terbesar dalam proses produksi TBS di pabrik kelapa sawit (PKS) adalah pemilahan TBS yang masih menggunakan cara konvensional yaitu dengan bantuan tenaga manusia atau biasa disebut *grader*. Sedangkan untuk pemilahan TBS yang mentah atau matang umumnya ditentukan secara subjektif oleh para *grader* pabrik kelapa sawit (TPS) dengan hanya melihat langsung TBS yang sudah terdapat brondolan dan berwarna kemerahan adalah TBS yang matang. Pemilahan TBS dengan cara subjektif dari para *grader* masih memiliki banyak kekurangan dan dibutuhkan inovasi terbaru (Setiawan et al. 2020).

Pemilahan TBS kelapa sawit yang dilakukan dengan cara konvensional masih terdapat beberapa kelemahan yaitu tenaga *grader* yang digunakan tidak dapat konsisten selalu bekerja selama proses pengolahan TBS dengan intensitas yang sama dan memerlukan waktu istirahat beberapa kali setiap jam untuk mengisi tenaga kembali. Kelemahan selanjutnya adalah tingkat konsentrasi para *grader* yang dapat menurun saat stamina terkuras, sehingga banyak terjadi kasus TBS yang memberondol akibat hama penyakit dan TBS yang masih mentah dapat dimasukkan kedalam kategori matang begitupun sebaliknya. Beberapa permasalahan diatas dapat membuat peningkatan produktivitas TBS kelapa sawit kurang maksimum. Sehingga dengan adanya penelitian ini memudahkan pabrik kelapa sawit (PKS) dalam meningkatkan produktivitas TBS dengan sistem yang menggunakan pengolahan citra digital dengan penerapan Algoritma *Radial Basis Function*.

Segmentasi citra digital bertujuan untuk memudahkan objek dianalisis atau diidentifikasi dengan cara memilah wilayah (*region*) objek dengan wilayah latar belakang objek citra. Untuk mendapatkan kualitas segmentasi yang baik, citra harus melalui operasi pemrosesan awal (Munir 2004). Untuk menentukan tingkat kematangan TBS kelapa sawit dilakukan dengan mengukur panjang gelombang yang dihasilkan dari warna objeknya. Teknik yang digunakan adalah merekam TBS kelapa sawit menggunakan kamera digital dan menyimpan hasilnya dalam bentuk citra digital. Warna yang dihasilkan oleh kamera digital ketika merekam hamburan cahaya yang mengenai suatu benda tersusun dari tiga warna primer *Red*, *Green*, dan *Blue* (RGB) (Setiawan et al. 2020).



Berdasarkan latar belakang tersebut maka penelitian yang akan dilakukan adalah membuat sebuah sistem yang menerapkan pengolahan citra digital dengan metode *Radial Basis Function* (RBF) dan mengklasifikasikan TBS kelapa sawit antara yang mentah dan matang melalui citra warna RGB dan HSV. Dengan menerapkan sistem yang memiliki tingkat akurasi tinggi ini maka dapat meningkatkan produktivitas TBS karena efisiennya biaya dan waktu yang diperlukan untuk pemilahan TBS di pabrik kelapa sawit (PKS).

## 1.2. Identifikasi Masalah

Adapun identifikasi masalah yang dapat diambil dari latar belakang tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pemilahan TBS kelapa sawit masih menggunakan cara konvensional yaitu tenaga manusia atau biasa disebut *grader* sehingga tenaga yang dikeluarkan untuk produksi TBS terbatas.
2. Penilaian TBS mentah dan matang yang dilakukan oleh *grader* masih bersifat subjektif atau menurut pandangan *grader* sendiri.
3. Tenaga *Grader* tidak dapat bekerja dengan intensitas yang sama dalam waktu lama dan tingkat konsentrasi *grader* yang dapat menurun seiring terkurasnya tenaga dapat membuat proses pemilahan TBS tidak akurat.
4. Pabrik kelapa sawit (PKS) mengeluarkan cukup banyak biaya untuk mempekerjakan para *grader*.
5. Masih belum adanya sebuah sistem yang menggunakan pengolahan citra untuk dapat mengklasifikasikan TBS mentah dan matang secara cepat dan akurat.

### 1.3. Batasan Masalah

Dalam melakukan suatu penelitian, dibutuhkan batasan-batasan masalah agar tidak menyimpang dari yang diharapkan. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya dapat mengklasifikasikan TBS kelapa sawit yang mentah dan matang.
2. Data citra menggunakan *smartphone* Vivo Z1 Pro dengan ukuran total kamera 26 megapiksel.
3. Data citra diperoleh langsung di pabrik kelapa sawit PT. Sari Lembah Subur dan perkebunan warga tepatnya di Desa Beringin Makmur, Kecamatan Kerumutan, Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau.
4. Data citra diambil dari 3 sisi yaitu dari sisi kanan, sisi kiri dan sisi atas.
5. Data citra berjumlah 15 TBS mentah dan 15 TBS matang.
6. Sistem ini bersifat desktop.

### 1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, maka di didapatkan rumusan masalah. Adapun rumusan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana membangun sebuah sistem yang dapat memudahkan pabrik kelapa sawit (PKS) meningkatkan produktivitas TBS dan mengurangi biaya yang dikeluarkan untuk mempekerjakan para *grader* ?
2. Bagaimana membuat sebuah sistem menggunakan pengolahan citra untuk klasifikasi TBS kelapa sawit mentah dan matang yang lebih cepat dan akurat ?

### 1.5. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sebuah sistem yang dapat memudahkan pabrik kelapa sawit (PKS) meningkatkan produktivitas TBS.
2. Merancang sebuah sistem yang dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan oleh pabrik kelapa sawit (PKS) untuk mempekerjakan para *grader*.
3. Merancang sebuah sistem yang menggunakan pengolahan citra untuk klasifikasi TBS kelapa sawit mentah dan matang yang lebih cepat dan akurat.

### 1.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan hasil penelitian ini maka pabrik kelapa sawit (PKS) dapat merubah sistem klasifikasi TBS kelapa sawit mentah dan matang yang sebelumnya konvensional menjadi otomatis.
2. Meningkatkan keakuratan hasil klasifikasi TBS kelapa sawit yang mentah dan matang.
3. Mengurangi biaya yang dikeluarkan untuk mempekerjakan para *grader* karena sistem sudah menjadi otomatis.

### 1.7. Rincian Pelaksanaan

Sistematika dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Bab 1. Pendahuluan

Dalam bab ini akan dibahas mengenai Latar Belakang Masalah Identifikasi Masalah Batasan Masalah Rumusan Masalah Tujuan Penelitian Manfaat Penelitian.

## Bab 2. Dasar Teori

Dalam bab ini akan membahas mengenai penelitian yang akan dilakukan dengan mengambil dari studi literatur baik dari jurnal dan Gold Standar. Oleh karena itu adanya beberapa pengertian teori secara ilmiah dalam sistem tersebut.

## Bab 3. Metode penelitian

Dalam bab ini membahas tentang metode yang digunakan untuk melakukan pengumpulan data dan perancangan sistem yang akan dilakukan penelitian.

## Bab 4. Hasil dan pembahasan

Dalam bab perancangan dan pengujian kali ini membangun mempersiapkan menguji sistem yang akan dilakukan dengan penelitian yang akan berjalan, dan hasil akan di sajikan dalam bentuk teks, gambar, atau tabel data yang telah diolah.

## Bab 5. Kesimpulan dan Saran

Dalam bab ini kesimpulan dan saran penelitian kesimpulan memuat persaratan mengenai hasil dan analisis data yang relevan dengan pemmasalahan, pembuktian kebenaran hipotesis.

## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1. Tinjauan Pustaka

Pada penelitian kali ini mengambil beberapa referensi dari penelitian – penelitian sebelumnya. Hal ini berguna sebagai bahan referensi untuk menyelesaikan penelitian yang berlangsung. Adapun tinjauan pustaka yang dirujuk sebagai berikut:

*Crude Palm Oil (CPO)* merupakan produk unggulan dari hasil pengolahan kelapa sawit yang memiliki nilai ekonomis yang sangat tinggi dan banyak manfaatnya. Hasil olahan CPO dapat dimanfaatkan ke banyak produk antara lain minyak goreng, sabun, obat-obatan, antibiotik, kosmetik, bahan bakar *biodiesel*, dll. Pada penelitian ini dibuat sebuah sistem berbasis android yang menerapkan metode *Radial Basis Function (RBF)* untuk mengidentifikasi tingkat kematangan dari berondolan (biji) buah kelapa sawit. Dengan mengidentifikasi tingkat kematangan yang sesuai maka akan menurunkan kandungan asam lemak bebas (ALB) dalam jumlah tinggi, namun jika buah kelapa sawit masih mentah akan membuat rendemen minyak yang dihasilkan rendah (Yuniarto 2019).

Perbedaan dengan penelitian pertama ini yang dilakukan oleh Verdynt Yuniarto adalah penelitian ini menggunakan aplikasi berbasis android dan data citra yang diambil hanya dari berondolan (biji) kelapa sawitnya.

Setiap tandan buah segar (TBS) memiliki spektrum warna yang dapat membedakan tingkat kematangan TBS tersebut. Alat yang digunakan oleh penelitian ini adalah *spektrofometer UV - Vis* yang memiliki panjang gelombang

200-850 nm. Alat ini akan menangkap citra TBS yang ada melalui *digital spotting scope* yang digunakan untuk memilah TBS sesuai karakteristik spektrumnya. Dan panjang gelombang ideal untuk tingkat kematangan kelapa sawit yang sesuai adalah 630 – 690 nm. Sumber cahaya yang digunakan saat pengujian adalah lampu halogen 600 Watt dan halogen 1000 Watt yang dipasang pada posisi membentuk sudut 45 derajat terhadap TBS yang diukur (Thoriq 2016).

Perbedaan dengan penelitian kedua ini yang dilakukan oleh Thoriq, dkk adalah penelitian ini menggunakan alat yang bernama *spektrofometer UV - Vis* yang harganya relatif mahal mulai dari jutaan hingga puluhan juta. Kekurangan dari penelitian ini adalah pencahayaan yang harus sesuai, jika tidak sesuai maka hasil akan berbeda jauh dari aslinya.

Pada perlakuan budidaya kebun kelapa sawit cara pemanenan adalah faktor paling berpengaruh terhadap tingkat produksi dan kualitas TBS kelapa sawit. Pada umumnya cara pemanenan selama ini hanya menggunakan status jatuhnya berondolan (biji) TBS yang terjatuh sebagai indikator matangnya TBS tersebut. Hingga saat ini sangat jarang ada sistem yang dapat mendeteksi kematangan TBS melalui indikator warna. Pada penelitian ini membuat semacam sistem pakar berbasis *edge detection* dan pewarnaan RGB untuk mengetahui indikator kematangan TBS (Putra 2018).

Perbedaan dengan penelitian ketiga ini yang dilakukan oleh Dian Pratama Putra adalah penelitian hanya sebatas sistem pakar berbasis desktop menggunakan metode *edge detection* yang harus mengupload foto setiap TBS yang akan diperiksa tingkat kematangannya yaitu mentah atau matang.

## 2.2. Dasar Teori

Untuk mendukung pembuatan penelitian ini, maka perlu dikemukakan hal-hal atau teori-teori yang berkaitan dengan permasalahan dan ruang lingkup pembahasan sebagai landasan dalam pembuatan laporan ini.

### 2.2.1. Sistem

Sebuah sistem adalah sekumpulan entitas (*hardware, brainware, software*) yang saling berinteraksi, bekerjasama dan berkolaborasi untuk mencapai tujuan tertentu (Herliana and Rasyid 2016).

### 2.2.2. Definisi Citra

Secara harfiah, citra adalah suatu representasi (gambaran), kemiripan suatu objek. Citra merupakan keluaran suatu sistem perekaman data yang bersifat optik seperti foto, analog seperti sinyal-sinyal video, gambar seperti monitor televisi atau digital yang dapat disimpan media penyimpanan langsung (Sutoyo 2009).

Pengolahan citra memiliki beberapa kegunaan diantaranya sebagai berikut :

1. Dapat merubah yang kurang kontras menjadi lebih jelas.
2. Dapat menambahkan kecerahan pencahayaan pada gambar.
3. Dapat memisahkan objek dari latar belakang gambarnya.
4. Dapat menghilangkan noda-noda pada gambar.
5. Dapat merubah bentuk pada objek dalam gambar.
6. Dapat memutar objek gambar.
7. Dapat memudarkan gambar.
8. Dapat memotong gambar.

### 2.2.3. Elemen – Elemen Dasar Citra Digital

Citra digital memiliki beberapa elemen – elemen dasar yang dapat dimanipulasi oleh pengolahan citra dan dieksploitasi *computer vision* lebih lanjut. Beberapa elemen – elemen dasar citra digital (Munir 2004) tersebut adalah sebagai berikut:

1. Kecerahan

Kecerahan yang terdapat pada suatu titik di dalam citra merupakan intensitas rata-rata atau dominan dari suatu area yang melingkupinya.

2. Kontur

Kontur menyatakan kondisi yang ditimbulkan oleh perubahan intensitas piksel – piksel yang bertetanga. Karena adanya perubahan intensitas piksel inilah mata manusia dapat melihat tepi – tepi objek pada citra.

3. Kontras

Kontras merupakan sebaran terang dan gelap di dalam suatu citra. Komposisi gelap dan terang yang seimbang akan menghasilkan citra dengan kontras yang baik. Sedangkan untuk citra yang memiliki kontras yang tidak baik dikarenakan komposisi terang yang terlalu berlebihan dibandingkan komposisi gelapnya.

4. Warna

Warna merupakan persepsi yang dirasakan oleh mata manusia terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh objek citra. Setiap warna memiliki panjang gelombang yang berbeda.

5. Tekstur



Tekstur merupakan frekuensi perubahan rona pada objek citra. Tekstur dicirikan sebagai distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan piksel-piksel yang bertetangga.

#### 6. Bentuk

Bentuk citra yang biasa dilihat oleh mata manusia pada umumnya merupakan citra dua dimensi, sedangkan untuk objek yang umumnya dilihat oleh mata manusia berbentuk tiga dimensi. Informasi bentuk objek citra akan diproses atau diekstraksi dari citra pada permukaan *preprocessing* dan segmentasi citra.

#### 2.2.4. Citra Berwarna

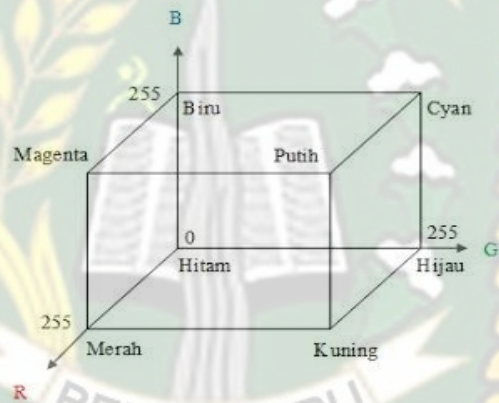
Citra berwarna atau lebih dikenal dengan sebutan RGB merupakan jenis citra yang menyajikan perpaduan warna dalam bentuk komponen *Red* (merah), *Green* (hijau), dan *Blue* (biru). Setiap komponen warna ini menggunakan 8 bit (dengan nilai antara 0 sampai dengan 255). Dengan demikian warna yang dapat ditampilkan mencapai  $255 \times 255 \times 255$  atau dengan total 16.581.375 pilihan warna (Abdul Kadir and Adhi Susanto 2013). Tabel 2.1 menampilkan contoh warna dan nilai komponen warna RGB.

**Tabel 2. 1** Komponen Warna RGB

Warna	R	G	B
<b>Merah</b>	255	0	0
<b>Hijau</b>	0	255	0
<b>Biru</b>	0	0	255

<b>Hitam</b>	0	0	0
<b>Putih</b>	255	255	255
<b>Kuning</b>	0	255	255

Gambar 2.1 dibawah ini menampilkan pemetaan warna dalam ruang tiga dimensi dan memperlihatkan keadaan suatu citra dan representasi warna dari objeknya.



**Gambar 2. 1** Komponen warna RGB dalam ruang tiga dimensi

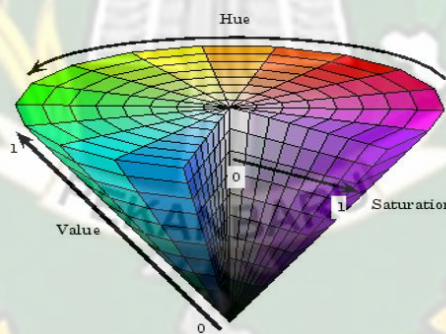


**Gambar 2. 2** Citra berwarna dan representasi warnanya pada setiap piksel dengan nilai R, G, B

### 2.2.5. Ruang Warna HSV

Manusia sebenarnya melihat warna adalah karena cahaya yang dipantulkan oleh objek. Dalam hal ini, spektrum cahaya kromatis berkisar antara 400-700 nm. Istilah kromatis berarti kualitas warna cahaya yang ditentukan oleh panjang gelombang. Karakteristik persepsi mata manusia dalam yang membedakan antara satu warna dengan warna yang lain berupa *Hue*, *Saturation*, dan *Brightness* (Herliana and Rasyid 2016).

HSV merupakan singkatan dari *Hue*, *Saturation*, dan *Value*. HSV adalah ruang warna yang berfungsi untuk merepresentasikan warna yang dapat dilihat oleh mata manusia.



**Gambar 2. 3** Ruang warna HSV

### 2.2.6. Konversi Data Citra RGB menjadi Data Citra HSV

Mentransformasikan citra RGB ke citra HSV harus diasumsikan setiap koordinat R,G,B  $[0,1]$  adalah berurutan mulai dari merah, hijau dan biru dengan min adalah nilai minimum dan max adalah nilai maksimum dari nilai RGB. Berfungsi untuk mendapatkan sudut *hue*  $[0,360]$  yang tepat untuk ruang warna HSV (Rakhmawati 2013).

Langkah pertama yang dilakukan adalah menormalisasikan nilai RGB terlebih dahulu, dengan persamaan sebagai berikut:

$$r = \frac{R}{R + G + B} \quad (2.1)$$

$$g = \frac{G}{R + G + B} \quad (2.2)$$

$$b = \frac{B}{R + G + B} \quad (2.3)$$

Keterangan rumus:

R = nilai *red* belum normalisasi

r = nilai *red* sudah normalisasi

G = nilai *green* normalisasi

g = nilai *green* sudah normalisasi

B = nilai *blue* belum normalisasi

b = nilai *blue* sudah normalisasi

Berikut adalah contoh tabel nilai - nilai dari pemisahan piksel *Red*, *Green*, *Blue* (RGB) tandan buah segar (TBS) kelapa sawit yang diambil dari sisi kanan, sisi kiri dan sisi atas. Informasi dari nilai - nilai RGB ini akan diproses untuk identifikasi kematangan TBS dan dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2. 2** Matriks Piksel Sisi Kanan *Red*

x,y	1	2	3
1	61	70	75
2	69	85	89
3	78	76	77

**Tabel 2. 3** Matriks Piksel Sisi Kiri *Red*

x,y	1	2	3
1	76	72	66
2	66	86	89
3	69	75	77

**Tabel 2. 4** Matriks Piksel Sisi Atas *Red*

x,y	1	2	3
1	79	69	73
2	66	87	86
3	68	76	77

**Tabel 2. 5** Matriks Piksel Sisi Kanan *Green*

x,y	1	2	3
1	70	76	77
2	69	64	67
3	64	74	66

**Tabel 2. 6** Matriks Piksel Sisi Kiri *Green*

x,y	1	2	3
1	73	77	60
2	70	68	69
3	65	74	70

**Tabel 2. 7** Matriks Piksel Sisi Atas *Green*

x,y	1	2	3
1	72	63	69
2	65	65	69
3	71	73	67

**Tabel 2. 8** Matriks Piksel Sisi Kanan *Blue*

x,y	1	2	3
1	70	62	76
2	69	13	15
3	63	12	14

**Tabel 2. 9** Matriks Piksel Sisi Kiri *Blue*

x,y	1	2	3
1	79	65	70
2	66	13	14
3	65	18	10

**Tabel 2. 10** Matriks Pixel Sisi Atas *Blue*

x,y	1	2	3
1	70	64	64
2	60	16	18
3	65	11	16

Setelah mendapatkan nilai setiap piksel RGB maka langkah selanjutnya adalah menjumlahkan semua nilai RGB dari ketiga sisi citra TBS tersebut, berikut salah satu contoh perhitungan matriks piksel *red*, *green*, *blue* sebagai berikut:

$$\text{Penjumlahan matriks piksel red}(2,2) = \frac{85+86+87}{3} = \mathbf{86}$$

$$\text{Penjumlahan matriks piksel green}(2,2) = \frac{64+68+65}{3} = \mathbf{65,7}$$

$$\text{Penjumlahan matriks piksel blue}(2,2) = \frac{13+13+16}{3} = \mathbf{14}$$

**Tabel 2. 11** Tabel Matriks sisi *Red*

x,y	1	2	3
1	72	70,33	71,33
2	67	86	88
3	71,667	75,67	77,00

**Tabel 2. 12** Tabel Matriks sisi *Green*

x,y	1	2	3
1	71,667	72,00	68,67
2	68	65,67	68,33
3	66,667	73,67	67,67

**Tabel 2. 13** Tabel Matriks sisi *Blue*

x,y	1	2	3
1	73	63,67	70,00
2	65	14,00	15,67
3	64,333	13,67	13,33

Langkah selanjutnya adalah melakukan normalisasi semua nilai tabel matriks sesuai dengan persamaan (2.1), (2.2) dan (2.3). Adapun salah satu contoh perhitungan pada matriks piksel *red*, *green*, *blue* sebagai berikut:

$$r(2,2) = \frac{R}{R + G + B} = \frac{86}{86 + 65,67 + 14} = \mathbf{0,519}$$

$$g(2,2) = \frac{G}{R + G + B} = \frac{65,7}{86 + 65,67 + 14} = \mathbf{0,396}$$

$$b(2,2) = \frac{B}{R + G + B} = \frac{14}{86 + 65,67 + 14} = \mathbf{0,085}$$

**Tabel 2. 14** Tabel Matriks normalisasi sisi *Red*

x,y	1	2	3
1	0,332	0,341	0,340
2	0,335	<b>0,519</b>	0,512
3	0,354	0,464	0,487

**Tabel 2. 15** Tabel Matriks normalisasi sisi *Green*

x,y	1	2	3
1	0,331	0,350	0,327
2	0,340	<b>0,396</b>	0,397
3	0,329	0,452	0,428

**Tabel 2. 16** Tabel Matriks normalisasi sisi *Blue*

x,y	1	2	3
1	0,337	0,309	0,333
2	0,325	<b>0,085</b>	0,091
3	0,317	0,084	0,084

Selanjutnya nilai normalisasi RGB tersebut akan dikonversikan menjadi data citra HSV, dengan persamaan sebagai berikut:

$$V = \max(r, g, b) \tag{2.4}$$

$$S = \begin{cases} 0, & \text{jika } V = 0 \\ 1 - \frac{\min(r,g,b)}{v}, & \text{if } V > 0 \end{cases} \quad (2.5)$$

$$H = \begin{cases} 0 & \text{jika } s = 0 \\ 60 * \left[ 0 + \frac{g-b}{s*v} \right] & \text{jika } v = r \\ 60 * \left[ 2 + \frac{b-r}{s*v} \right] & \text{jika } v = g \\ 60 * \left[ 4 + \frac{r-g}{s*v} \right] & \text{jika } v = b \end{cases} \quad (2.6)$$

$$H = H + 360 \text{ jika } H < 0 \quad (2.7)$$

Selanjutnya adalah menghitung nilai yang pertama kali yaitu nilai *Value* dengan persamaan (2.2).

$$V = \max(r, g, b) = \max(0.519, 0.396, 0.085) = \mathbf{0.519}$$

**Tabel 2. 17** Tabel Nilai *Value* (V)

x,y	1	2	3
1	0,337	0,350	0,340
2	0,340	0,519	0,512
3	0,354	0,464	0,487

Langkah berikutnya setelah mendapatkan nilai *Value* (V) adalah mencari nilai *Saturation* (S) dengan persamaan rumus (2.3).

$$S = \begin{cases} 0, & \text{jika } V = 0 \\ 1 - \frac{\min(r,g,b)}{v}, & \text{if } V > 0 \end{cases} = \left\{ 1 - \frac{\min(0.519, 0.396, 0.085)}{0.519}, \text{ if } V > 0 = \mathbf{0.837} \right.$$

**Tabel 2. 18** Tabel Nilai *Saturation* (S)

x,y	1	2	3
1	0,018	0,116	0,037
2	0,044	0,837	0,822
3	0,102	0,819	0,827

Langkah selanjutnya adalah mendapatkan nilai *Hue* (H) dengan persamaan rumus (2.3) pada tabel 2.17

$$.H = \left\{ 60 * \left[ 0 + \frac{0.396-0.085}{0.837*0.519} \right] \text{ jadi } v = r \right.$$



$$H = \left\{ 60 * \left[ 0 + \frac{0.311}{0.434} \right] \right\} = 43.056$$

**Tabel 2. 19** Tabel Nilai *Hue* (H)

x,y	1	2	3
1	255,000	72,000	-30,000
2	80,000	43,056	43,687
3	19,091	58,065	51,204

### 2.2.7. Radial Basis Function (RBF)

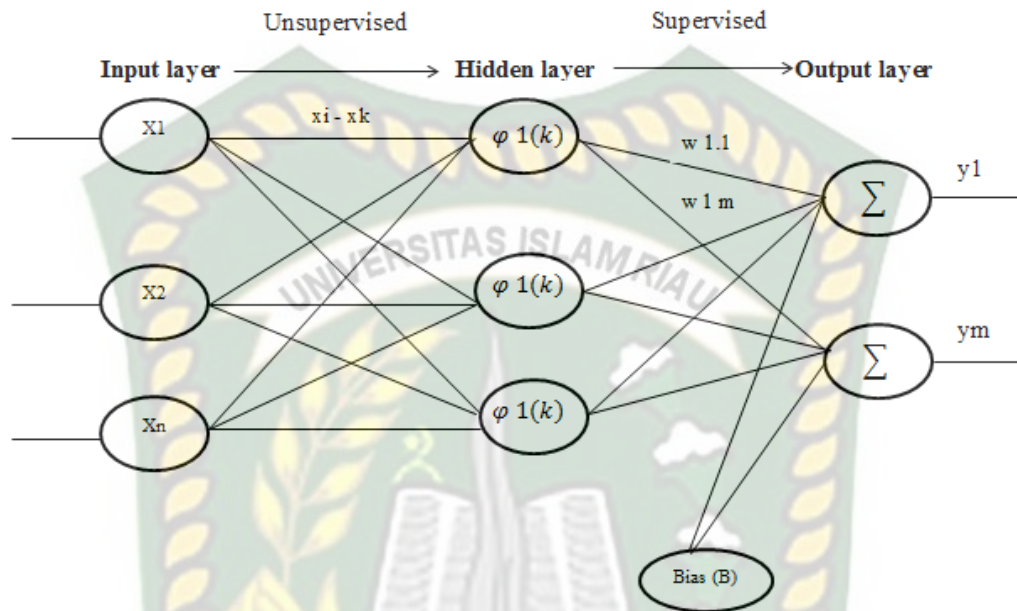
Jaringan syaraf fungsi *radial basis* atau biasa disebut dengan *Radial Basis Function Neural Network* (RBFNN) adalah suatu jenis arsitektur jaringan syaraf tiruan (JST) dengan cara kerja meniru syaraf yang ada pada tubuh manusia dan terdiri dari lapisan *neuron – neuron* yang bekerja sama untuk memecahkan suatu permasalahan seperti pengklasifikasian, pengenalan suara, restorasi gambar, dll (Purwitasari 2011).

*Radial Basis Function* memiliki topologi jaringan yang seperti jaringan syaraf tiruan (JST) yang terdiri atas unit masukan (*input layer*), unit tersembunyi (*hidden layer*) dan unit keluaran (*output layer*). RBF adalah jaringan syaraf yang bersifat khusus, yaitu:

- Proses antara *input layer* ke *hidden layer* adalah nonlinear sedangkan proses *hidden layer* ke *output layer* bersifat linear.
- Fungsi aktivasi pada *hidden layer* berbasis radial seperti fungsi *gaussian*.
- Output layer* adalah hasil dari penjumlahan.

RBF memiliki proses *input layer* menuju *hidden layer* menggunakan *unsupervised learning* (pembelajaran tidak terawasi) dan proses yang terjadi dari *hidden layer* menuju *output layer* menggunakan *supervised learning*

(pembelajaran terawasi) struktur algoritma Jaringan Syaraf Tiruan *Radial Basis Function* (RBF) (Gradhianta 2012) dapat dilihat pada gambar 2.5.



**Gambar 2. 4** Struktur algoritma JST *Radial Basis Function* (RBF)

Algoritma pelatihan *Radial Basis Function* (RBF) (Gradhianta 2012) adalah sebagai berikut :

- A. **LANGKAH 1** : Mencari nilai data dengan mengambil nilai rata-rata terkecil.
- B. **LANGKAH 2** : Menghitung jarak *euclidian*  $\|x_i - x_k\|$

$$\|X_i - X_k\| = D_{i,k} = \sqrt{\sum_{j=1}^p (x_{i,j} - x_{k,j})^2} \quad (2.8)$$

Dimana  $i, k = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, p$

- C. **LANGKAH 3** : Menghitung  $\varphi_{i,k} = \exp(-b_1 \|X_i - X_k\|)$  hasil aktivasi dengan fungsi RBF mulai dari jarak data dikalikan bias.

$$\varphi_{i,k} = e^{-(b_1 * D_{i,k})^2} \quad (2.9)$$

Dengan :  $b1 = \frac{\sqrt{-\ln(0,5)}}{\sigma(\text{spread})} = \frac{\sqrt{-\ln(0,5)}}{1} = 0,83255$  merupakan nilai *spread*

terbaik untuk penelitian ini.

D. **LANGKAH 4** : Menghitung bobot pelatihan dengan menggunakan rumus

$$w = (G^T G)^{-1} G^T d \quad (2.10)$$

E. **LANGKAH 5** : Menghitung data citra menggunakan *Radial Basis Function* (RBF) untuk mendapatkan hasil klasifikasi.

$$y = \sum \varphi w + b \quad (2.11)$$

Keterangan rumus :

$X_i$	= vektor masuk data	$G$	= inialisasi nilai gaussian
$X_k$	= vektor center ke-i	$d$	= vektor target
$\varphi$	= fungsi gaussian	$y$	= nilai keluaran RBF
$\sigma$	= fungsi spread	$b$	= bias
$w$	= nilai bobot		

#### 2.2.8.1. Perhitungan Manual Tahap Data *Training*

Berikut contoh tabel data *training* dengan menampilkan nilai *hue*, *saturation*, *value* (HSV) dan hasil klasifikasinya pada tabel 2.20.

**Tabel 2. 20** Tabel Contoh Nilai Masukan Data *Training*

No	Hue	Saturation	Value	Klasifikasi
1	0,991	0,403	0,411	Matang
2	0,905	0,561	0,416	Matang
3	0,629	0,546	0,432	Matang
4	0,881	0,544	0,415	Mentah
5	0,785	0,550	0,417	Mentah
6	0,716	0,545	0,419	Mentah

- A. **LANGKAH 1** : Pada langkah pertama tabel contoh data *training* kita proses mencari nilai rata-rata terkecil terlebih dahulu seperti pada tabel 2.21 berikut.

**Tabel 2. 21** Tabel RBF Langkah 1 Contoh Nilai Rata-Rata

No	Hue	Saturation	Value	Klasifikasi	Rata-Rata
1	0,991	0,403	0,411	matang	0,602
2	0,905	0,561	0,416	matang	0,627
3	0,629	0,546	0,432	matang	0,536
4	0,881	0,544	0,415	mentah	0,613
5	0,785	0,550	0,417	mentah	0,584
6	0,716	0,545	0,419	mentah	0,560

Langkah pertama ini didapatkan nilai **0.627** sebagai nilai rata-rata matang terbesar (max), nilai **0.536** sebagai nilai rata-rata matang terkecil (min), nilai **0.613** sebagai nilai rata-rata mentah terbesar (max) dan nilai **0.560** sebagai nilai rata-rata mentah terkecil (min).

- B. **LANGKAH 2** : Pada langkah kedua akan melakukan proses perhitungan jarak *euclidean* menggunakan rumus persamaan (2.8) sebagai berikut.

**Tabel 2. 22** Tabel RBF Langkah 2 Min Max

No	Nilai	Klasifikasi	Hue	Saturation	Value
1	Max	Matang	0,905	0,561	0,416
2	Max	Mentah	0,881	0,544	0,415
3	Min	Matang	0,629	0,546	0,432
4	Min	Mentah	0,716	0,545	0,419

Setelah mendapatkan nilai min dan max tersebut maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai  $D_{i,k}$  seperti pada tabel 2.23 sebagai berikut.

$$D_{1,1} = \sqrt{(0,905 - 0,629)^2 + (0,561 - 0,546)^2 + (0,416 - 0,432)^2} = \mathbf{0,227}$$

$$D_{1,2} = \sqrt{(0,905 - 0,716)^2 + (0,561 - 0,545)^2 + (0,416 - 0,419)^2} = \mathbf{0,190}$$

$$D_{2,1} = \sqrt{(0,881 - 0,629)^2 + (0,544 - 0,546)^2 + (0,415 - 0,432)^2} = \mathbf{0,253}$$

$$D_{2,2} = \sqrt{(0,881 - 0,716)^2 + (0,544 - 0,545)^2 + (0,415 - 0,419)^2} = \mathbf{0,165}$$

**Tabel 2. 23** Tabel RBF Langkah 2 Nilai Jarak Euclidean Data *Training*

No	d1	d2
1	0,277	0,190
2	0,253	0,165

- C. **LANGKAH 3** : Pada langkah ketiga menghitung hasil aktivasi dengan fungsi RBF menggunakan rumus persamaan (2.9) dan telah ditetapkan nilai  $b_1$  terbaik adalah  $b_1 = 0,83255$ .

$$\varphi_{1,1} = e^{-(0,83255 \cdot 0,277)^2} = \mathbf{0,948}$$

$$\varphi_{1,2} = e^{-(0,83255 \cdot 0,190)^2} = \mathbf{0,975}$$

$$\varphi_{2,1} = e^{-(0,83255 \cdot 0,253)^2} = \mathbf{0,957}$$

$$\varphi_{2,2} = e^{-(0,83255 \cdot 0,165)^2} = \mathbf{0,981}$$

**Tabel 2. 24** Tabel RBF Langkah 3 Nilai Aktivasi *Gaussian* Data Training

No	1	2
1	0,948	0,975
2	0,957	0,981

- F. **LANGKAH 4** : Pada langkah keempat ini menghitung bobot pelatihan menggunakan rumus persamaan (2.11) dan untuk mendapatkan nilai bobot ( $w$ ) harus melakukan beberapa tahapan sebagai berikut:

- 1) Menambahkan nilai *spread* terbaik yang telah ditetapkan yaitu bernilai 1 kedalam data training.

$$G = \begin{bmatrix} 0,948 & 0,975 & 1 \\ 0,957 & 0,981 & 1 \end{bmatrix}$$

- 2) Mencari nilai matriks  $G^T$  ( $G$  Transpose).

$$G^T = \begin{bmatrix} 0,948 & 0,957 \\ 0,975 & 0,981 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

- 3) Setelah mendapatkan nilai matriks  $G^T$  selanjutnya dikalikan dengan matriks  $G$ .

$$G^T G = \begin{bmatrix} 1,815 & 1,864 & 1,905 \\ 1,864 & 1,914 & 1,957 \\ 1,905 & 1,957 & 2,000 \end{bmatrix}$$

- 4) Mendapatkan nilai  $\det(A)$

$$G^T G = \frac{1}{\det G^T G} \text{adj}(G^T G) = \frac{1}{20,845} \begin{bmatrix} 1,815 & 1,864 & 1,905 \\ 1,864 & 1,914 & 1,957 \\ 1,905 & 1,957 & 2,000 \end{bmatrix}$$

- 5) Setelah didapatkan nilai matriks  $G^T$  selanjutnya melakukan perkalian matriks  $G^T G$  terhadap  $\det(A)$  lalu menginverskan hasil tersebut.

$$(G^T G)^{-1} = \begin{bmatrix} 0,087 & 0,089 & 0,091 \\ 0,089 & 0,092 & 0,094 \\ 0,091 & 0,094 & 0,096 \end{bmatrix}$$

- 6) Selanjutnya setelah mendapatkan nilai matriks  $(G^T G)^{-1}$  maka hasil tersebut dikalikan dengan nilai matriks  $G^T$ .

$$(G^T G)^{-1} G^T = \begin{bmatrix} 0,2612 & 0,2624 \\ 0,2682 & 0,2695 \\ 0,2742 & 0,2755 \end{bmatrix}$$

- 7) Menentukan terlebih dahulu target (d) kelas dari data citra tandan buah segar (TBS) kelapa sawit.

**Tabel 2. 25** Tabel RBF Target (d) kelas TBS kelapa sawit

No	1	2
Mentah	0	0
Matang	1	1

- 8) Setelah mendapatkan semua hasil nilai matriks diatas maka tahapan selanjutnya adalah mencari nilai bobot dengan cara mengkalikan  $(G^T G^{-1})^{-1} G^T$  dengan (W).

**Tabel 2. 26** Tabel RBF Nilai Bobot (W) dan Bias (b)

Bobot	Y0	Y1
W1	0,2624	0,2624
W2	0,2695	0,2695
B	0,2755	0,2755

### 2.2.8.1. Perhitungan Manual Tahap Data *Testing*

Berikut contoh tabel data *testing* yang menampilkan nilai *hue*, *saturation*, *value* (HSV) dan hasil klasifikasinya pada tabel 2.27.

**Tabel 2. 27** Tabel RBF Contoh Tabel Data *Testing*

Hue	Saturation	Value
0,439	0,523	0,414

Untuk menghitung ketepatan identifikasi data *testing* maka kita harus mengikuti beberapa langkah sebagai berikut:

- A. LANGKAH 1 :** Melakukan proses perhitungan jarak *euclidean* antara nilai data *testing* dengan tabel 2.22 menggunakan rumus persamaan (2.8).

$$D_{1,1} = \sqrt{(0,439 - 0,629)^2 + (0,523 - 0,546)^2 + (0,414 - 0,423)^2} = \mathbf{0,192}$$

$$D_{1,2} = \sqrt{(0,439 - 0,716)^2 + (0,523 - 0,545)^2 + (0,414 - 0,419)^2} = \mathbf{0,278}$$

**Tabel 2. 28** Tabel RBF Nilai Jarak *Euclidean* Data *Testing*

Di,k	D1	D2
1	0,192	0,278

**B. LANGKAH 2 :** Menghitung nilai aktivasi Gaussian data *testing* dengan menggunakan rumus persamaan (2.9) dengan nilai  $b_1$  terbaik yang telah

$$\text{ditetapkan yaitu } b_1 = \frac{\sqrt{-\ln(0,5)}}{\sigma(\text{spread})} = \frac{\sqrt{-\ln(0,5)}}{1} = \mathbf{0,83255}.$$

$$\varphi_{1,1} = e^{-(0,83255 \cdot 0,192)^2} = 0,975$$

$$\varphi_{1,2} = e^{-(0,83255 \cdot 0,278)^2} = 0,948$$

**Tabel 2. 29** Tabel RBF Nilai Aktivasi Gaussian Data *Testing*

$\varphi_{i,k}$	$\varphi_1$	$\varphi_2$
1	0,975	0,948

**C. LANGKAH 3 :** Pada tahap terakhir pengujian data *testing* menggunakan rumus persamaan (2.11) .

$$Y_0 = (0,975 \cdot 0,625) + (0,948 \cdot 0,696) + 0,2755 = \mathbf{0,787}$$

$$Y_1 = (0,975 \cdot 0,625) + (0,948 \cdot 0,696) + 0,2755 = \mathbf{0,787}$$

Tahap selanjutnya yaitu mencari nilai aktivasi *sigmoid-biner* pada *output layer* tersebut dengan rumus persamaan (2.13).

$$\text{Sigmoid } Y_0 = \frac{1}{1 + e^{-(0,83255 \cdot 0,787)^2}} = \mathbf{0,687}$$

$$\text{Sigmoid } Y_1 = \frac{1}{1 + e^{-(0,83255 \cdot 0,787)^2}} = \mathbf{0,687}$$

Keterangan :

Jika  $Y_k < 0,4$ , maka  $Y_k = 1$

Jika  $Y_k \geq 0,4$ , maka  $Y_k = 1$



Jadi, setelah hasil data *testing* tersebut didapatkan maka langkah selanjutnya adalah mencocokkan dengan kelas target yang ada pada tabel 2.25 menggunakan rumus persamaan (2.12).

$$Y_0 = 0,687 > 0,4 = 1$$

$$Y_1 = 0,687 > 0,4 = 1$$

Sehingga data *testing* yang didapatkan adalah **(1, 1)** yaitu contoh data citra tandan buah segar (TBS) kelapa sawit termasuk kedalam klasifikasi **Matang**.

### 2.2.8. Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi adalah fungsi yang digunakan untuk mengaktifkan atau mematikan *neuron* pada jaringan syaraf. Fungsi ini juga berguna untuk menggambarkan hubungan antara tingkat aktivasi internal yang memiliki bentuk linear atau nonlinear (Desiani dan Arhami 2006).

Berikut beberapa fungsi aktivasi jaringan syaraf tiruan yang sering digunakan sebagai berikut:

#### 1) Fungsi Tangga *Biner*

Fungsi sebagai identitas pembulatan nilai yang bergantung pada parameter pembulatan. Persamaan fungsinya sebagai berikut:

$$f(x) = \begin{cases} 1, & \text{jika } X \geq 0 \\ 0, & \text{jika } X < 0 \end{cases} \quad (2.12)$$

Keterangan :

Dengan fungsi ini, = 1 hanya akan menghasilkan nilai 1 atau 0.

## 2) Fungsi Aktivasi *Sigmoid-Biner*

Fungsi aktivasi *sigmoid-biner* bergantung pada *steepness* parameter().

Persamaan fungsinya sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\sigma x}} \quad (2.13)$$

Keterangan :

Fungsi ini menghasilkan nilai yang dibatasi oleh bilangan biner (0 sampai 1) maka = 1 akan menghasilkan grafik berkelanjutan (kontinu) yang tidak linear.

## 3) Fungsi Aktivasi *Gaussian*

Fungsi aktivasi *gaussian* merupakan fungsi yang berbasis radial dan bergantung kepada jarak antar data dengan suatu pusat data. Persamaan fungsi yang sering digunakan sebagai berikut:

$$\varphi(||X - C||) = e^{-(b1 * Di, k)^2} \quad (2.14)$$

### 2.2.9. Pengujian Akurasi Klasifikasi

Pada penelitian ini, pengujian akurasi klasifikasi yang dilakukan dengan metode RBF menggunakan *Confusion Matrix*. Pengujian *Confusion Matrix* adalah cara yang menampilkan jumlah data uji yang benar diklasifikasikan (*true*) dan jumlah data uji yang salah diklasifikasikan (*false*). Tabel 2.2 menampilkan contoh klasifikasi biner menggunakan *Confusion Matrix*.

**Tabel 2. 30** Pengujian *Confusion Matrix* (Tan, Steinbach dan Kumar 1981)

Kelas Asal	Kelas Prediksi	
	1	0
1	TP	FN
0	FP	TN

Adapun untuk mendapatkan hasil ketepatan akurasi jaringan RBF menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = \frac{TP + TN}{TP + FN + FP + TN} \times 100\% \quad (2.15)$$

Keterangan:

TP (*True Positive*) = jumlah dari dokumen kelas 1 yang benar dan diklasifikasikan kelas 1

TN (*True Negative*) = jumlah dari dokumen kelas 1 yang salah dan diklasifikasikan kelas 0

FN (*False Negative*) = jumlah dari dokumen kelas 0 yang salah dan diklasifikasikan kelas 1

FP (*False Positive*) = jumlah dari dokumen kelas 0 yang benar dan diklasifikasikan kelas 0

### 2.2.10. Klasifikasi

Klasifikasi merupakan proses penemuan mode atau fungsi yang menjelaskan dan membedakan kelas data atau konsep yang memiliki tujuan untuk bisa digunakan memprediksi kelas dari suatu objek yang label kelasnya tidak diketahui (Kamber 2006). Klasifikasi termasuk dalam pengelompokan *supervised learning*, yaitu suatu pendekatan dimana sudah terdapat data yang dilatih, dan terdapat variabel yang dituju sehingga target dari pendekatan ini adalah mengelompokkan suatu data ke data yang sudah ada. Proses klasifikasi dibagi menjadi 4 komponen (Gorunescu 2011):



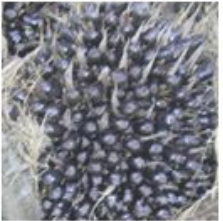



1. **Kelas.** Suatu variabel yang berupa kategori dan mempresentasikan “label” yang terdapat pada suatu objek.
2. **Predictor.** Suatu variabel yang dipresentasikan oleh karakteristik (atribut) dari data.
3. **Training Dataset.** Satu set data yang berisi nilai dari kedua komponen (kelas dan *predictor*) yang digunakan untuk menentukan kelas yang paling cocok.
4. **Testing Dataset.** Berisikan data baru yang akan diklasifikasikan oleh model yang telah dibuat. *Testing Dataset* juga akan mengevaluasi akurasi dari klasifikasi.

#### **2.2.11. Kelapa Sawit**

Tanaman kelapa sawit dengan bahasa latin *Elaeis guineensis Jacq* dari keluarga palmae merupakan salah satu sumber utama penghasil minyak nabati. Kelapa sawit terdiri dari organ vegetatif yaitu daun, batang, akar serta organ reproduktif berupa bunga dan buah. Kelapa sawit memiliki daun yang majemuk menyerupai daun tanaman kelapa. Tanaman ini termasuk tanaman monokotil dan memiliki akar serabut. Tinggi batang kelapa sawit yang berbentuk silinder setiap tahunnya bertambah sekitar 45 cm – 60 cm dan panjang pelepah berkisar 6.5 m – 9 m dengan jumlah anak daun setiap pelepah sekitar 250 helai – 400 helai (tergantung jenis varietas). Bunga kelapa sawit hanya dapat menghasilkan satu *infloresen* (bunga majemuk) dan muncul melalui ketiak daun (Pahan 2015).

### 2.2.12. Kematangan Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit

Buah kelapa sawit atau yang biasa disebut tandan buah segar (TBS) adalah bagian yang paling menguntungkan dari tanaman kelapa sawit. TBS kelapa sawit terdiri dari kulit buah yang licin dan kuat (*epicarp*), cangkang atau tempurung atau kulit biji (*endocarp*) berwarna hitam dan keras, daging buah (*mesocarp*) tersusun dari serabut (*fibre*) dan mengandung minyak, daging biji (*endosperm*) yang mengandung banyak minyak dan berwarna putih, serta terdapat lembaga (*embrio*) didalamnya. Tanaman kelapa sawit dapat dipanen jika telah masuk usia tiga hingga empat tahun. Namun, TBS yang dianggap cukup matang dan siap dipanen adalah TBS yang sudah berusia 6 bulan setelah masa penyerbukan. TBS yang siap untuk dipanen dapat dilihat melalui perubahan warna buahnya. TBS yang mentah memiliki warna ungu kehitaman dan yang matang akan berwarna mulai dari warna kuning muda hingga menjadi merah kekuningan (Sunarko 2007).

Tandan Buah Segar	Sisi Kanan	Sisi Kiri	Sisi Atas
Tandan buah segar (TBS) kelapa sawit yang masih mentah memiliki ciri - ciri warna yang masih ungu kehitaman.			
Tandan buah segar (TBS) kelapa sawit yang sudah matang memiliki ciri - ciri warna dari kuning muda hingga merah kekuningan.			

**Gambar 2. 5** Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit Mentah dan Matang


### 2.2.13. DFD




Menurut DeMarco dan Gane Sarson, *Data Flow Diagram* (DFD) adalah suatu jaringan yang menggambarkan suatu sistem otomatis atau komputerisasi, manualisasi atau gabungan dari keduanya, yang penggambarannya disusun dalam bentuk kumpulan komponen sistem yang saling berhubungan sesuai dengan aturan mainnya (Tata Sutabri 2004).

*Data Flow Diagram* (DFD) terdapat 3 level, sebagai berikut:

1. Diagram Konteks, menjelaskan suatu lingkaran besar yang dapat mewakili seluruh proses yang berjalan di dalam suatu sistem. Diagram konteks adalah tingkatan tertinggi dalam *Data Flow Diagram* (DFD) dan biasanya diberi nomor 0. Diagram ini tampak sederhana dan tidak memuat penyimpanan data.
2. Diagram Nol (diagram level 1), menggambarkan suatu lingkaran besar yang mewakili beberapa lingkaran kecil yang ada didalamnya. Diagram nol merupakan pemecahan dari diagram konteks. Diagram nol dapat memuat penyimpanan data.
3. Diagram Rinci, merupakan diagram yang menggambarkan secara detail proses yang terjadi pada diagram nol.

**Tabel 2. 31** DFD Gane dan Sarson

Nama	Simbol
<i>External Entity</i>	

<i>Process</i>	
<i>Data Store</i>	
<i>Data Flow</i>	

#### 2.2.14. Flowchart


*Flowchart* atau bagan alir adalah bagan-bagan arus yang menggambarkan langkah-langkah yang harus diikuti dalam penyelesaian suatu masalah. *Flowchart* merupakan cara penyajian dari suatu algoritma yang terdiri dari sekumpulan simbol (Ladjamudin 2006).



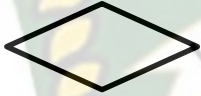
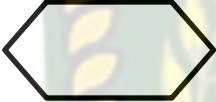


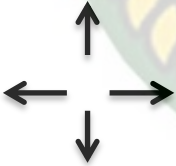

*Flowchart* diawali dengan penerimaan *input* dan diakhiri dengan penampilan *output*. *Flowchart* adalah suatu gambaran yang menjelaskan urutan:

1. Pembacaan data.
2. Pemrosesan data.
3. Pengambilan keputusan terhadap data.
4. Penyajian hasil pemrosesan data.

Simbol-simbol *Flowchart* yang sering dipakai adalah simbol-simbol *flowchart* standard yang dikeluarkan oleh ANSI dan ISO. Adapun simbol-simbol *flowchart* tersebut dapat dilihat pada tabel 2.32.

**Tabel 2. 32** Simbol dan Fungsi *Flowchart*

No.	Simbol	Nama Simbol	Keterangan
1		<i>Terminator</i>	Untuk memulai dan mengakhiri suatu proses.

2		<i>Proses</i>	Suatu simbol yang menunjukkan setiap pengolahan data yang dilakukan.
3		<i>Input/Output Data</i>	Untuk proses memasukkan data atau menampilkan hasil suatu proses.
4		<i>Decision</i>	Suatu perbandingan pernyataan, penyeleksian data yang memberikan pilihan untuk langkah selanjutnya.
5		<i>Preparation</i>	Proses inisialisasi atau pemberian nilai awal.
6		<i>On Page Connector</i>	Simbol penghubung bagian-bagian flowchart yang terdapat pada halaman yang sama.
7		<i>Off Page Connector</i>	Simbol penghubung bagian-bagian flowchart yang terdapat pada halaman berbeda.
8		<i>Flow</i>	Alir data yang dapat dilakukan dari atas kebawah, dari bawah keatas, dari kanan kekiri dan dari kiri kekanan.
10		<i>Predefined Process</i>	Untuk menyatakan sekumpulan langkah proses yang ditulis sebagai prosedur.



## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1. Alat dan Bahan Penelitian yang Digunakan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

#### **3.1.1. Teknik Pengumpulan Data**

Adapun teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah wawancara dan studi pustaka.

1. Wawancara dilakukan untuk memperoleh data atau mengumpulkan informasi dengan bertanya langsung kepada karyawan pabrik kelapa sawit (PKS) PT. Sari Lembah Subur dan perkebunan warga tepatnya di Desa Beringin Makmur, Kecamatan Kerumutan, Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau yang berguna dalam penelitian ini.
2. Studi pustaka dilakukan dengan cara mengumpulkan data dengan mencari dan mempelajari dari berbagai sumber yang berkaitan dengan masalah yang diteliti baik berupa buku, jurnal ilmiah, internet, dan bacaan lain yang dapat dipertanggungjawabkan.

#### **3.1.2. Alat Penelitian**

Pada penelitian ini penulis menggunakan alat dan bahan pendukung perancangan aplikasi pengolahan citra klasifikasi tingkat kematangan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit. Adapun kebutuhan spesifikasi perangkat keras (*hardware*) untuk perancangan pada penelitian ini adalah:

### 3.1.2.1. Spesifikasi Perangkat Keras (*Hardware*)

Untuk dapat menjalankan aplikasi dengan baik, tentunya struktur dari perangkat keras (*hardware*) haruslah memenuhi spesifikasi kebutuhan aplikasi yang dibutuhkan adapun spesifikasi perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Processor* : Intel ® Core™ i5-2377M
2. RAM : 6 GB
3. *Harddisk* : 650 GB
4. Kamera *Smartphone* : Vivo Z1 Pro 26 MP

### 3.1.2.2. Spesifikasi Perangkat Lunak (*Software*)

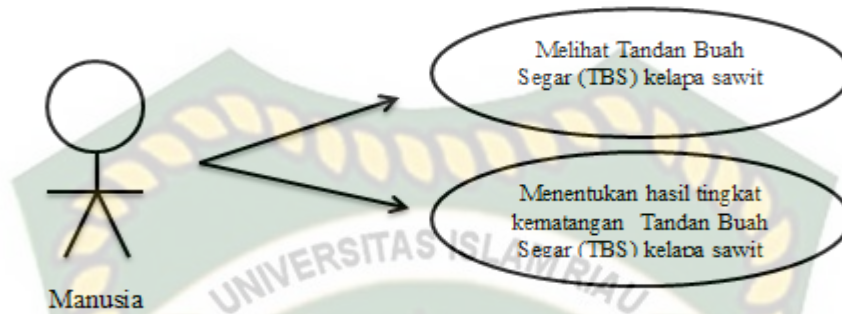
Spesifikasi perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam pembuatan aplikasi pengolahan citra klasifikasi tingkat kematangan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit adalah sebagai berikut:

1. Sistem Operasi : Microsoft Windows 7 64-bit
2. Bahasa Pemrograman : NetBeans Java IDE 8.2
3. *Database Management System* : MySQL
4. *Web Browser* : Google Chrome 80.0.3987.163
5. Desain Logika Program : Yed Graph Editor

## 3.2. Analisa Sistem yang Sedang Berjalan

Pada sistem yang sedang berjalan, *grader* atau karyawan pemilah TBS hanya melalui metode indera pengelihatannya saja untuk memilah antara TBS yang

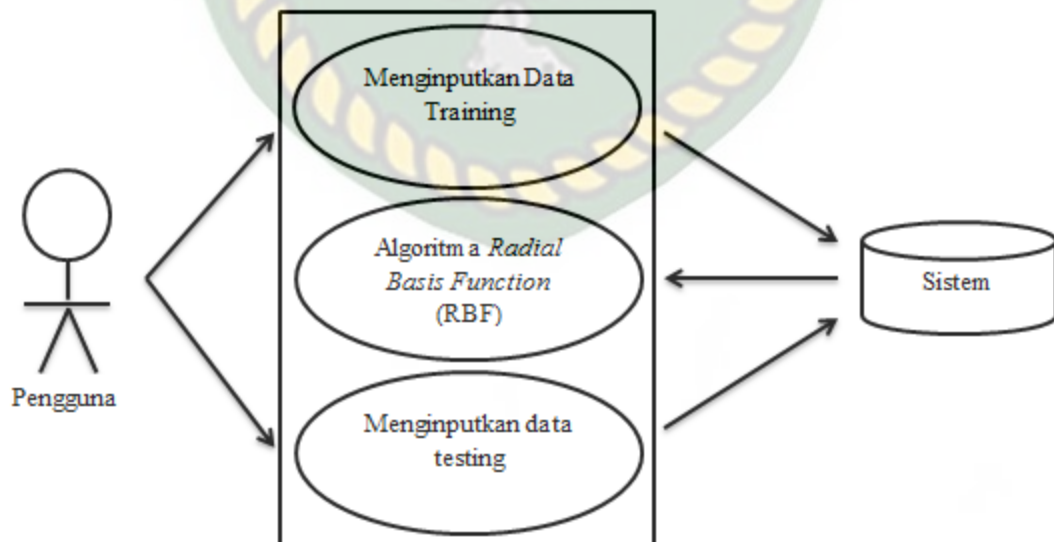
mentah dan matang. Analisa sistem yang sedang berjalan dapat dilihat pada gambar 3.1.



**Gambar 3. 1** Analisa Sistem yang Sedang Berjalan

### 3.3. Rancangan Pengembangan Sistem

Perancangan sistem ini dibuat sebagai tahapan untuk mempersiapkan sebuah sistem baru yang akan membantu beberapa pihak yang terkait untuk melakukan identifikasi tingkat kematangan TBS kelapa sawit, analisa sistem yang diusulkan bisa dilihat pada gambar 3.4.

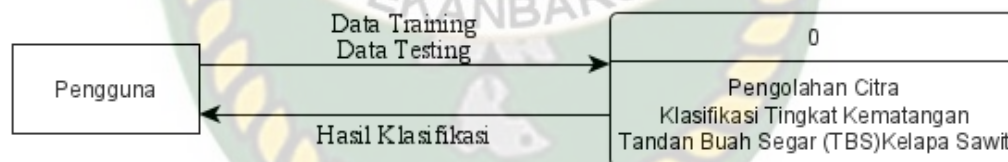


**Gambar 3. 2** Analisa Sistem yang Diusulkan

Dari gambar 3.2 dijelaskan bahwa seorang pengguna melakukan penginputan data training berupa data citra (image). Data yang telah diinputkan pengguna akan diproses oleh sistem menggunakan algoritma *Radial Basis Function* (RBF). Kemudian dari hasil perhitungan tersebut akan menghasilkan nilai normalisasi HSV yang mana nilai tersebut akan digunakan dalam perhitungan akurasi klasifikasi dalam menentukan kematangan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit.

### 3.3.1. Diagram Konteks

Diagram Konteks (*Context Diagram*) adalah sebuah diagram sederhana untuk menggambarkan hubungan input dan *output* antara sistem dengan entitas luar. Diagram konteks direpresentasikan dengan mewakili seluruh sistem. Sistem ini memiliki satu buah entitas eksternal yaitu pengguna.

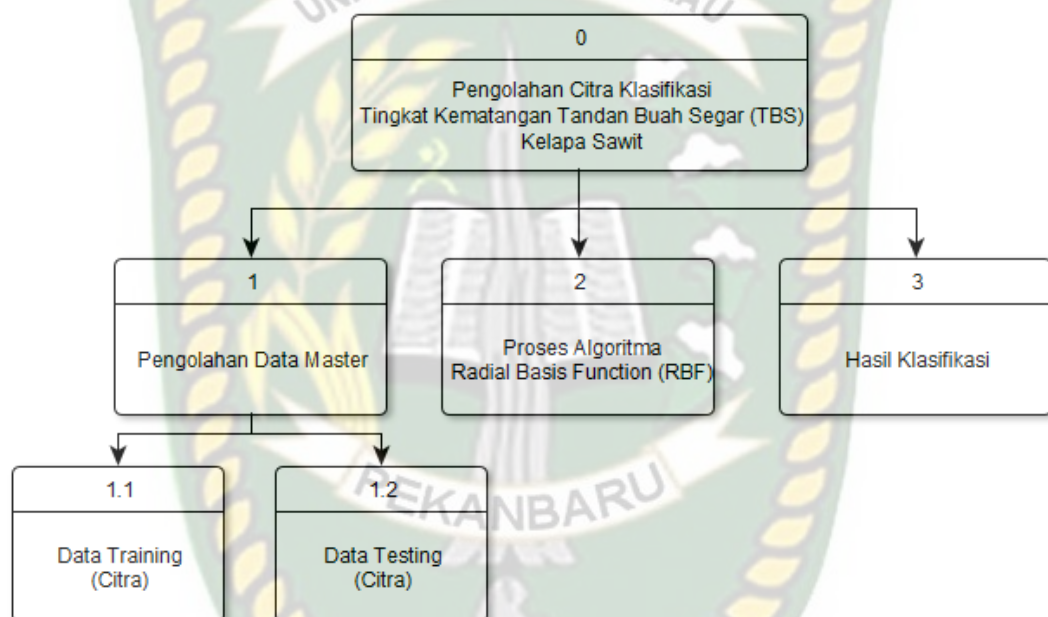


**Gambar 3. 3** Diagram Konteks

Berdasarkan gambar 3.3 seorang pengguna akan menginputkan data training sebagai nilai yang akan diproses oleh sistem dan pengguna juga dapat melihat hasil perhitungan dari data tersebut. Data testing yang diinputkan oleh pengguna akan diproses oleh sistem dan data tersebut akan menghasilkan sebuah *output* berupa hasil klasifikasi kematangan TBS kelapa sawit.

### 3.3.2. *Hierarchy Chart*

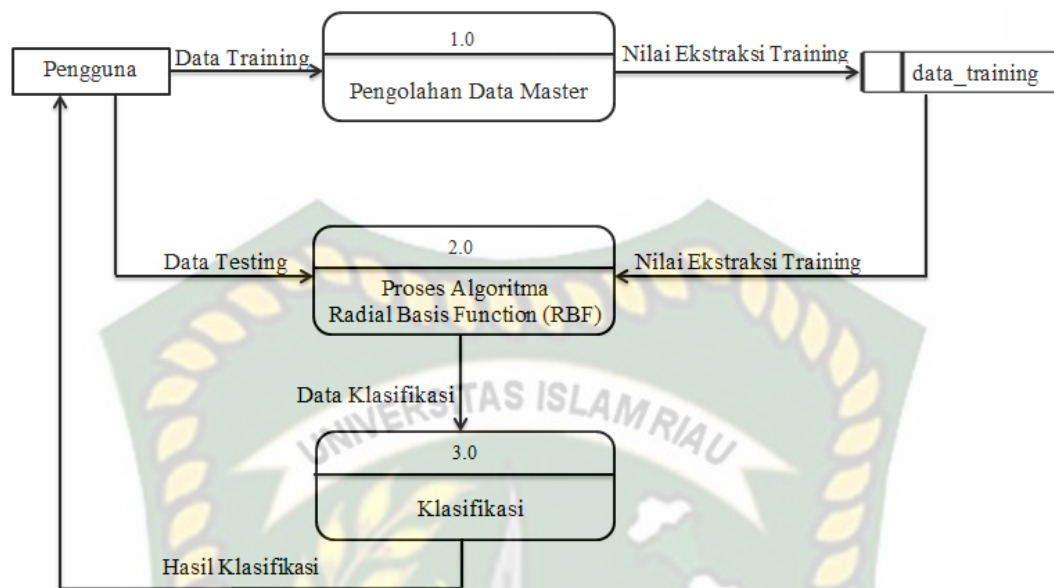
*Hierarchy chart* merupakan suatu diagram yang berfungsi untuk mendefinisikan dan mengilustrasikan jenjang atau hirarki dari program yang dikembangkan. Dengan demikian dapat diuraikan tahap-tahap kerja dari tiap program. *Heirarchy chart* sistem yang akan dibangun dapat dilihat pada gambar 3.4.



**Gambar 3. 4** *Hierarchy Chart*

### 3.3.3. *Data Flow Diagram (DFD)*

*Data Flow Diagram (DFD)* berfungsi untuk menjelaskan suatu proses aliran data yang terdapat pada sistem yang telah ada atau sistem yang baru dari tingkat tertinggi hingga tingkat terendah. DFD merupakan alat membuat diagram yang serbaguna. Selain itu DFD menggambarkan hubungan antara data dan proses pada sistem.



**Gambar 3.5** DFD Level 0

Pada gambar 3.5 menjelaskan input data training berfungsi untuk menyimpan citra yang kemudian diproses agar mendapatkan hasil algoritma *Radial Basis Function* (RBF). Selanjutnya nilai dari setiap parameter *Radial Basis Function* (RBF) akan dikirim ke tabel database Sawit untuk menyimpan hasil dari setiap parameter. Klasifikasi merupakan proses untuk menggolongkan data *testing* yang telah diinputkan pengguna dengan cara menghitung tingkat kemiripan dengan *data training* yang ada dalam database. Hasil dari klasifikasi tersebut akan ditampilkan agar pengguna dapat melihat hasilnya.

### 3.3.4. Desain Output

Desain *output* adalah hasil atau laporan yang didapat dari bagian pemrosesan dari sebuah sistem dan merupakan tujuan akhir sistem.

#### 1. Desain Output Data Training

Gambaran *output* untuk melihat data training yang sudah diinputkan seperti pada gambar 3.6.

Hue	Saturation	Value	Klasifikasi

**Gambar 3. 6** Desain *Output* Data Training

### 3.3.5. Desain *Input*

Desain *input* adalah bentuk tampilan atau form yang berfungsi untuk memasukkan gambar citra baru yang nantinya akan diproses oleh sistem.

#### 1. Desain *Input* Data Training

Gambaran *input* Data Training berfungsi untuk memasukkan data citra ke data training dengan cara mengunggah gambar kedalam sistem secara langsung seperti pada gambar 3.7.

DATA TRAINING		
TBS Kanan	TBS Kiri	TBS Atas
*Upload Gambar	*Upload Gambar	*Upload Gambar
Hue	Saturation	Value
*Mentah (1)	*Matang (2)	
SIMPAN DATA	RESET DATA	

**Gambar 3. 7** Desain *input* Data Training

#### 2. Desain *Input* Data Testing

Gambaran *input* Data Testing berfungsi untuk memasukkan data testing yang akan diklasifikasikan tingkat kematangannya seperti pada gambar 3.8.

DATA TESTING			
TBS Kanan	TBS Kiri	TBS Atas	
*Upload Gambar	*Upload Gambar	*Upload Gambar	
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; padding: 5px; margin: 0 auto;">RESET GAMBAR</div>			
Hue	Saturation	Value	Klasifikasi
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; padding: 5px; margin: 0 auto;">*MATANG (2)</div>			

**Gambar 3. 8** Desain *Input* Data Testing

### 3.3.6. Desain Database

#### 3.3.6.1. Skema Data

Pada pengolahan citra klasifikasi tingkat kematangan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit terdapat 2 tabel, yaitu tabel admin dan tabel data training.

##### 1. Tabel Admin

Nama *Database* : sawit

Nama Tabel : tb\_admin

**Tabel 3. 1** Tabel Admin

No	<i>Field</i>	<i>Data Type</i>	Ukuran	Keterangan
1	Username	Varchar	20	<i>primary key</i>
2	Name	Varchar	30	
3	Password	Varchar	20	

##### 2. Tabel Data Training

Nama *Database* : sawit

Nama Tabel : data\_training



**Tabel 3. 2** Tabel Data Training

No	Field	Data Type	Ukuran	Keterangan
1	id	char	15	<i>primary key</i>
2	hue	float		
3	saturation	float		
4	value	float		
5	status	Char	15	

### 3.3.6.2. Desain Antarmuka

Desain antarmuka ini akan menampilkan sebuah tampilan menu utama dari pengolahan citra klasifikasi tingkat kematangan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit yang dapat dilihat pada gambar 3.9.

**Gambar 3. 9** Desain Antarmuka

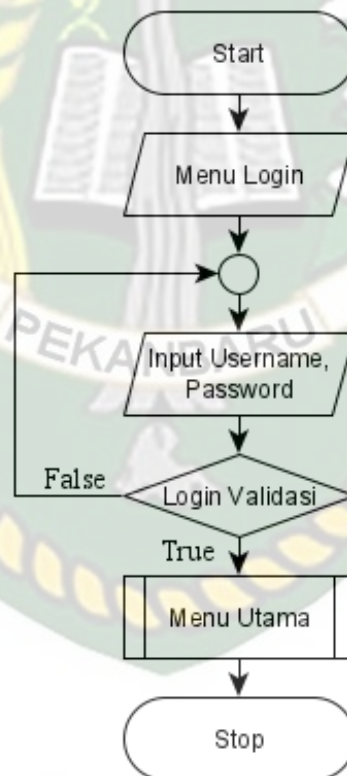
### 3.3.6.3. Desain Logika Program

Desain logika program merupakan skema atau bagan yang menggambarkan aliran data didalam suatu program menggunakan simbol – simbol tertentu dan menjelaskan urutan logika secara detail dari suatu prosedur pemecahan masalah. Adapun alur program pada sistem pengolahan citra

klasifikasi tingkat kematangan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit sebagai berikut:

### 1. Program *Flowchart* Login

Program *flowchart* login merupakan tampilan awal sistem pengolahan citra klasifikasi tingkat kematangan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit. Pada halaman ini pengguna harus memasukkan *username* dan *password* untuk mengoperasikan sistem seperti pada gambar 3.10.



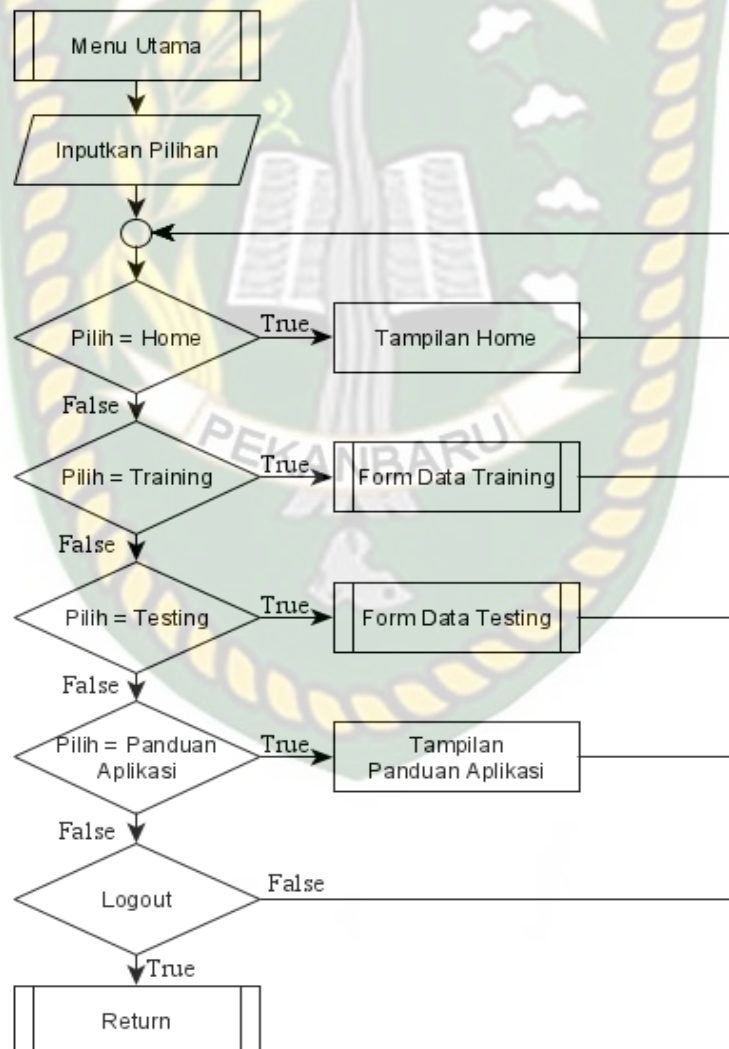
**Gambar 3. 10** Program *Flowchart* Login

Halaman ini harus memasukkan *username* dan *password* agar dapat mengoperasikan sistem lebih lanjut. Jika *username* dan *password* yang dimasukkan sudah benar, maka pengguna akan diarahkan ke menu utama

sistem. Namun jika *username* dan *password*, maka pengguna harus memasukkan kembali *username* dan *password* hingga benar.

## 2. Program *Flowchart* Menu Utama

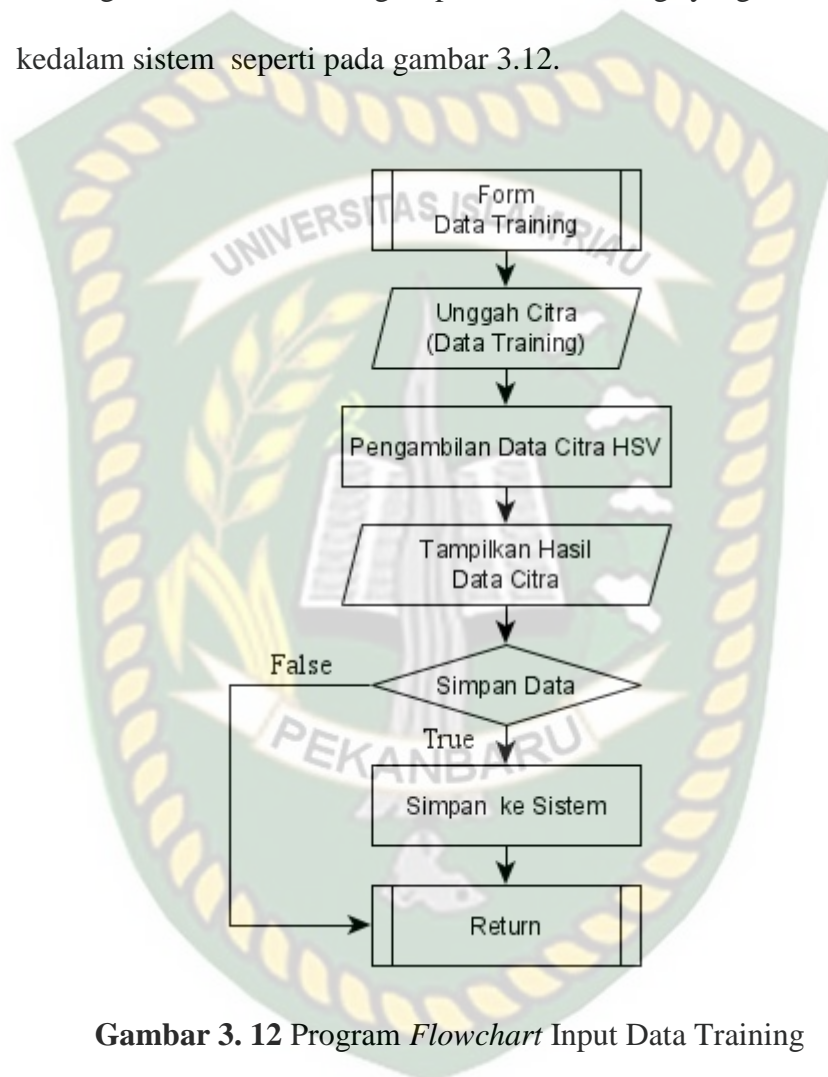
Program *flowchart* menu utama merupakan tampilan utama setelah sistem berhasil login. Pada program ini menggambarkan aliran secara global yang terdapat di menu utama seperti pada gambar 3.11.



**Gambar 3. 11** Program *Flowchart* Menu Utama

### 3. Program *Flowchart* Input Data *Training*

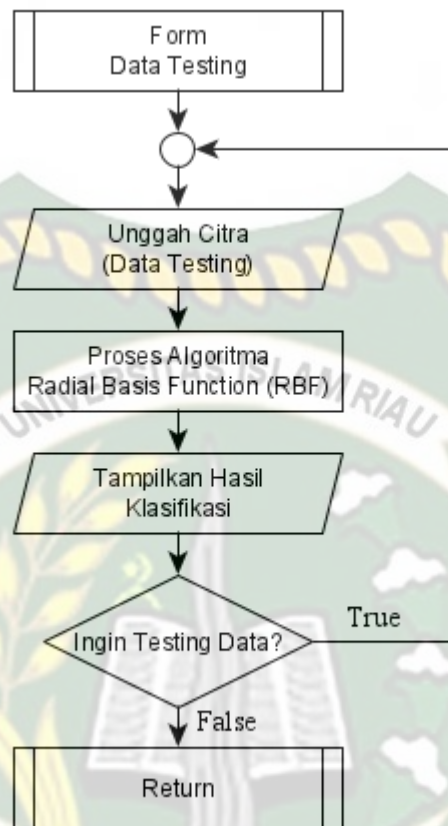
Program *flowchart* input data *training* adalah alur program yang berfungsi untuk merancang input data training yang akan tersimpan kedalam sistem seperti pada gambar 3.12.



**Gambar 3. 12** Program *Flowchart* Input Data *Training*

### 4. Program *Flowchart* Input Data *Testing*

Program *flowchart* input data *testing* adalah alur program yang berfungsi untuk merancang input data training yang akan di lakukan proses perhitungan dan menghasilkan *output* yaitu hasil klasifikasi seperti pada gambar 3.13.



**Gambar 3. 13** Program *Flowchart* Input Data Testing

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Hasil


























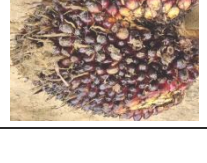

Pengujian pada aplikasi pengolahan citra klasifikasi tingkat kematangan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit ini dilakukan dengan cara penginputan data training berupa data citra (*image*). Data yang telah dimasukkan pengguna selanjutnya akan diproses oleh aplikasi menggunakan penerapan metode *Radial Basis Function* (RBF) dan menghasilkan beberapa nilai parameter yang nilai tersebut akan dihitung menggunakan algoritma *Euclidean distance* dalam menentukan klasifikasi kematangan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit.






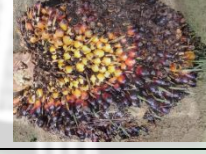



Penelitian ini menggunakan data sebanyak 15 data citra TBS Mentah dan 15 data citra TBS Matang sebagai data *training* serta 21 data citra TBS sebagai data *testing* yang didapatkan langsung dari beberapa petani kelapa sawit.

#### 4.1.1 Pengujian Akurasi Aplikasi

Pengujian akurasi aplikasi dilakukan untuk mengukur kinerja metode *Radial Basis Function* (RBF) pada aplikasi ini. Pengukuran yang dilakukan ini untuk mengetahui apakah data yang diklasifikasikan ke dalam target tertentu secara akurat atau tidak dengan menggunakan data *testing* sebanyak 21 data citra. Data citra dari hasil klasifikasi aplikasi tersebut akan dibandingkan dengan seorang ahli dalam bidang TBS Kelapa Sawit yaitu Pak Muslim seorang kepala perkebunan di PT. Sari Lembah Subur, Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau. *Configuration matrix* akan menghasilkan nilai akurasi dan *error rate*.

Tabel 4. 1 Pengujian Akurasi Sistem

No	TBS Kanan	TBS Kiri	TBS Atas	Klasifikasi Pakar	Klasifikasi Aplikasi	Akurasi
1				Matang	Matang	1
2				Matang	Matang	1
3				Mentah	Mentah	1
4				Mentah	Mentah	1
5				Matang	Mentah	0
6				Mentah	Mentah	1
7				Mentah	Mentah	1
8				Matang	Matang	1
9				Matang	Matang	1

10				Matang	Matang	1
11				Matang	Matang	1
12				Matang	Matang	1
13				Matang	Matang	1
14				Matang	Matang	1
15				Matang	Matang	1
16				Matang	Matang	1
17				Mentah	Mentah	1
18				Matang	Matang	1
19				Matang	Matang	1



20				Mentah	Mentah	1
21				Mentah	Mentah	1

Keterangan :

1. Data testing = 14 Matang, 7 Mentah

**Tabel 4. 2** Tabel Perhitungan Data Citra *Confusion Matrix*

<i>Confusion Matrix</i>	Kelas Prediksi	
	Matang	Mentah
Matang	14	0
Mentah	1	6

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% \\
 &= \frac{14+6}{21} \times 100\% \\
 &= \frac{20}{21} \times 100\% \\
 &= \mathbf{95,2\%}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Error Rate} &= \frac{FP+FN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% \\
 &= \frac{0+1}{21} \times 100\% \\
 &= \frac{1}{21} \times 100\% \\
 &= \mathbf{4,8\%}
 \end{aligned}$$

## 4.2 Pengujian *Blackbox*

Pengujian *BlackBox* adalah salah satu cara pengujian perangkat lunak yang berfokus pada sisi fungsional, khususnya pada fungsi input dan output data pada suatu aplikasi yang berguna untuk menentukan apakah aplikasi tersebut sudah berguna sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Adapun menu-menu yang disediakan dan hasil pengujian *blackbox* ini adalah sebagai berikut :

### 4.2.1 Pengujian *Form Login*

Untuk dapat mengoperasikan aplikasi pengolahan citra ini, pengguna harus melakukan *login* ke dalam sistem. Pengguna hanya perlu memasukkan *username* dan *password* yang telah terdaftar sebelumnya. Berikut tampilan halaman *login* ke dalam sistem, dapat dilihat pada gambar 4.1.



The image shows a screenshot of a web browser window displaying a login form. The window title is "LOGIN". Below the title bar, there is a dark blue header with the text "APLIKASI KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN TANDAN BUAH SEGAR (TBS) KELAPA SAWIT". The main content area is dark blue and contains two input fields. The first field is preceded by a red icon of a person, representing the username field. The second field is preceded by a red icon of a padlock, representing the password field. At the bottom of the form, there are two buttons: "Login" and "Cancel".

Gambar 4. 1 Pengujian *Form Login*

### 4.2.2 Pengujian Data Training

Pengujian kedua yang dilakukan adalah pengujian data *training*. Pada saat pengguna memilih menu data training, maka terdapat hasil keseluruhan dari data *training* TBS kelapa sawit yang ada. Pada menu data training ini juga pengguna dapat menambahkan data *training* baru, dengan cara mengunggah foto TBS kelapa sawit lalu aplikasi akan menambahkan data *training* yang baru tersebut kedalam sistem secara otomatis. Halaman menu data *training* dapat dilihat pada gambar 4.2.

No	Hue	Saturation	Value	Status
1	9.84506	0.376724	0.430646	matang
2	-2.44194	0.472988	0.474904	matang
3	28.2474	0.315186	0.421522	matang
4	11.2073	0.282521	0.407119	matang
5	22.8199	0.229957	0.391422	matang
6	22.21	0.352478	0.434437	matang
7	13.6329	0.263686	0.401281	matang
8	7.99917	0.41338	0.45112	matang
9	126.015	0.10267	0.353248	mentah
10	119.702	0.162128	0.365855	mentah

**Gambar 4. 2** Data Training

Pada gambar 4.2. dapat dijelaskan, pada halaman data training pengguna dapat melihat keseluruhan hasil klasifikasi data training TBS kelapa sawit. Serta bisa menambahkan beberapa data baru untuk menentukan klasifikasinya.

DATA TRAINING

Hue	Saturation	Value
7.9991693	0.41338027	0.45111957

MENTAH (1)
  MATANG (2)

**Gambar 4. 3** Form Tambah Data Training

Pada gambar 4.3 dapat dijelaskan, penambahan data baru dilakukan dengan cara mengunggah foto salah satu TBS kelapa sawit yang ingin dicek tingkat kematangan buahnya dari 3 sisi yaitu sisi kanan, sisi kiri dan sisi atas. Setelah mengunggah foto tersebut, maka pada aplikasi akan muncul beberapa poin untuk akurasi penentu tingkat kematangan pada TBS kelapa sawit. Setelah akurasi muncul, pengguna bisa memilih untuk menyimpan data tersebut, dengan menekan tombol simpan data dan jika tidak ingin menyimpan data tersebut cukup menekan tombol reset data. Data *training* baru yang telah diinputkan akan disimpan dalam database. Berikut adalah tabel 4.3 yang menampilkan seluruh data training.

**Tabel 4. 3** Tabel Data *Training*

No	Hue	Saturation	Value	Klasifikasi
1	21,152000	0,445373	0,446506	matang
2	18,641500	0,471380	0,459794	matang
3	9,166200	0,306061	0,411481	matang
4	15,449100	0,514675	0,486262	matang
5	17,008000	0,488670	0,472009	matang

6	13,452200	0,403617	0,442450	matang
7	10,241400	0,385607	0,440711	matang
8	9,845060	0,376724	0,436646	matang
9	-2,441940	0,472988	0,474804	matang
10	28,247400	0,315185	0,421522	matang
11	11,207300	0,282521	0,407119	matang
12	22,819900	0,229957	0,391422	matang
13	22,210000	0,352478	0,434437	matang
14	13,632900	0,263686	0,401281	matang
15	7,999170	0,413380	0,451120	matang
16	42,493400	0,188024	0,371402	mentah
17	63,629200	0,173296	0,366523	mentah
18	74,252000	0,157680	0,362433	mentah
19	73,101900	0,156394	0,362721	mentah
20	87,586200	0,133228	0,358090	mentah
21	61,597800	0,149650	0,361794	mentah
22	69,661700	0,158096	0,363025	mentah
23	68,585300	0,156070	0,361718	mentah
24	69,747700	0,139228	0,357665	mentah
25	67,210800	0,147609	0,360787	mentah
26	115,058000	0,233842	0,385505	mentah
27	83,771400	0,120360	0,356574	mentah
28	155,617000	0,168281	0,361508	mentah
29	126,015000	0,102670	0,353248	mentah
30	119,702000	0,162128	0,365855	mentah

Selanjutnya dilakukan langkah pengujian form data *training* yang terdapat pada aplikasi seperti sebagai berikut :

**Tabel 4. 4** Pengujian Form Data *Training*

No	Komponen yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil
	Menu Data	Menginputkan TBS kelapa sawit sisi kanan, sisi kiri dan sisi atas.	Data citra berhasil diinputkan	[✓] Sesuai [ ] Tidak Sesuai
		Memilih klasifikasi data yang telah diinputkan matang	Data <i>training</i> berhasil dipilih	[✓] Sesuai [ ] Tidak Sesuai

1	Training	atau mentah		
		Merreset data yang belum diinputkan kedalam <i>database</i>	Data berhasil direset	[✓] Sesuai [ ] Tidak Sesuai

#### 4.2.2 Pengujian Data *Testing*

Pengujian selanjutnya yang akan dilakukan adalah pengujian data *testing* dengan cara melakukan penginputan foto TBS kelapa sawit dari 3 sisi yaitu sisi kanan, sisi kiri dan sisi atas. Setelah dilakukan penginputan tersebut akan menghasilkan klasifikasi tingkat kematangan TBS kelapa sawit yang diuji tersebut. Pengujian ini dapat dilihat pada gambar 4.4.



**Gambar 4. 4** Form Menu Data *Testing*

Pada gambar 4.4 dapat dijelaskan, pada halaman menu data testing akan muncul sebuah tabel hasil dari perhitungan algoritma sistem untuk mengetahui tingkat kematangan TBS kelapa sawit tersebut.

### 4.3 Pengujian Aplikasi Terhadap Pengguna

Salah satu pengujian aplikasi terhadap pengguna yang dilakukan yaitu dengan membagikan kuisisioner kepada mahasiswa, masyarakat umum dan petani kebun kelapa sawit. Sebanyak 20 lembar kuisisioner yang berisikan 5 pertanyaan. Gambaran 5 pertanyaan yang diberikan kepada responden adalah sebagai berikut :

1. Apakah hasil dari aplikasi pengolahan citra klasifikasi tingkat kematangan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit ini sudah sesuai dengan aslinya?
2. Apakah aplikasi ini mudah dimengerti untuk digunakan?
3. Apakah kedepannya aplikasi ini layak untuk diterapkan?
4. Apakah tampilan aplikasi ini mudah dipahami ?

Tanggapan dari responden terhadap kinerja atau performa dari aplikasi berdasarkan pertanyaan yang diajukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4. 5** Hasil Persentasi Kuisisioner

No	Pertanyaan	SS	S	N	TS	STS
1	Apakah hasil dari aplikasi pengolahan citra klasifikasi tingkat kematangan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit ini sudah sesuai dengan kondisi aslinya?	15	5	0	0	0
2	Apakah aplikasi ini bermanfaat untuk digunakan kedepannya?	15	3	0	2	0
3	Apakah aplikasi ini mudah dimengerti untuk digunakan?	15	5	0	0	0
4	Apakah kedepannya aplikasi ini layak untuk diterapkan?	10	5	5	0	0
5	Apakah tampilan aplikasi ini mudah dipahami ?	10	3	2	5	0

Rumus:  $T \times P_n$

T = Total jumlah responden yang memilih

Pn = Pilihan angka skor Likert

**Keterangan skor Likert :**

- A. SS = Sangat Setuju (Nilai 5)
- B. S = Setuju (Nilai 4)
- C. N = Netral (Nilai 3)
- D. TS = Tidak Setuju (Nilai 2)
- E. STS = Sangat Tidak Setuju (Nilai 1)

1. Apakah hasil dari aplikasi pengolahan citra klasifikasi tingkat kematangan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit ini sudah sesuai dengan kondisi aslinya?

$$\text{Jawaban SS : (18 responden)} \times 5 = 90$$

$$\text{Jawaban S : (2 responden)} \times 4 = 8$$

$$\text{Jawaban N : (0 responden)} \times 3 = 0$$

$$\text{Jawaban TS : (0 responden)} \times 2 = 0$$

$$\text{Jawaban STS : (0 responden)} \times 1 = 0$$

2. Apakah aplikasi ini bermanfaat untuk kedepannya?

$$\text{Jawaban SS : (15 responden)} \times 5 = 75$$

$$\text{Jawaban S : (5 responden)} \times 4 = 20$$

$$\text{Jawaban N : (0 responden)} \times 3 = 0$$

$$\text{Jawaban TS : (0 responden)} \times 2 = 0$$

$$\text{Jawaban STS : (0 responden)} \times 1 = 0$$

3. Apakah aplikasi ini mudah dimengerti untuk digunakan?

$$\text{Jawaban SS : (14 responden)} \times 5 = 70$$



$$\text{Jawaban S : (6 responden) } \times 4 = 24$$

$$\text{Jawaban N : (0 responden) } \times 3 = 0$$

$$\text{Jawaban TS : (0 responden) } \times 2 = 0$$

$$\text{Jawaban STS : (0 responden) } \times 1 = 0$$

4. Apakah kedepannya aplikasi ini layak untuk diterapkan?

$$\text{Jawaban SS : (10 responden) } \times 5 = 50$$

$$\text{Jawaban S : (4 responden) } \times 4 = 16$$

$$\text{Jawaban N : (6 responden) } \times 3 = 18$$

$$\text{Jawaban TS : (0 responden) } \times 2 = 0$$

$$\text{Jawaban STS : (0 responden) } \times 1 = 0$$

5. Apakah tampilan aplikasi ini mudah dipahami ?

$$\text{Jawaban SS : (15 responden) } \times 5 = 75$$

$$\text{Jawaban S : (4 responden) } \times 4 = 16$$

$$\text{Jawaban N : (1 responden) } \times 3 = 3$$

$$\text{Jawaban TS : (0 responden) } \times 2 = 0$$

$$\text{Jawaban STS : (0 responden) } \times 1 = 0$$

**Total skor = 465**

**Hasil penilaian Responden/I = 100 Responden**

$$\text{Skor tertinggi likert} = 5 \times 100 = 500$$

$$\text{Skor terendah likert} = 1 \times 100 = 100$$

**Rumus Interval**

$$I = 100 / \text{Jumlah Skor (Likert)}$$

$$\text{Maka} = 100 / 5 = 20$$

Hasil (I) = 20

(Ini adalah intervalnya jarak dari terendah 0 % hingga tertinggi 100%)

- Indeks 0% – 19,99% : Sangat Tidak Baik (Sangat Tidak Setuju)
- Indeks 20% – 39,99% : Tidak Baik (Tidak Setuju)
- Indeks 40% – 59,99% : Cukup (Netral)
- Indeks 60% – 79,99% : Baik (Setuju)
- Indeks 80% – 100% : Sangat Baik (Sangat Setuju)

**Penyelesaian akhir**

$$= \text{Total skor} / Y \times 100$$

$$= 465/500 \times 100$$

$$= 93\%$$

Adapun skor penilaian dalam perhitungan kuisisioner diatas dilakukan menggunakan Skala Likert dengan 5 poin yaitu dengan akurasi 93% yang berarti aplikasi memiliki nilai Sangat Baik dan siap untuk diterapkan dikalangan publik.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Aplikasi pengolahan citra yang dibangun menggunakan metode *Radial Basis Function* (RBF) dan nilai HSV untuk mengklasifikasikan kematangan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit.
2. *Radial Basis Function* (RBF) dengan pengolahan citra HSV dapat diterapkan sebagai metode klasifikasi kematangan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit dan algoritma yang digunakan adalah algoritma *Euclidean distance*.
3. Akurasi pengujian tertinggi yaitu mencapai 95,2% pada pengujian data *testing* dengan total 21 data citra.

### 5.2 Saran

1. Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan percobaan terhadap buah-buahan lainnya.
2. Pengembangan selanjutnya diharapkan menggunakan metode lainnya untuk mendapatkan perbandingan dengan metode yang sekarang untuk menentukan kematangan TBS kelapa sawit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Desiani, A and Arhami. 2006. "Konsep Kecerdasan Buatan." Yogyakarta: Andi Offset.
- Fadlil, Abdul. 2012. "Modul Kuliah Pengenalan Kuliah." Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan.
- Gradhianta, Tangguh and Yusuf Fuad. 2012. "Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan Dengan *Radial Basis Function* Untuk Pengenalan Genre Musik." Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Han, J and M Kamber. 2006. "*Data Mining Concepts and Techniques Second Edition.*" San Fransisco: Morgan Kaufmann.
- Herliana, Asti, and Prima Muhamad Rasyid. 2016. "Sistem Informasi Monitoring Pengembangan Software Pada Tahap Development Berbasis Web." *Jurnal Informatika* III(1): 41–50.
- Kadir, Abdul et al. 2013. "Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra." Yogyakarta: Andi.
- Ladjamudin. 2006. "Data Flow Diagram." Yogyakarta: Andi.
- Munir, Rinaldi. 2004. "Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik." Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Pahan. 2015. "Panduan Teknis Budi Daya Kelapa Sawit Untuk Praktisi Perkebunan." Bogor: Penebar Swadaya.
- Purwitasari, D et al. 2011. "Pembelajaran Bertingkat Pada Arsitektur Jaringan Saraf

*Fungsi Radial Basis Function.*” Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Putra, DP. 2018. “Prediksi Kematangan Tandan Kelapa Sawit Dengan Metode Edge Detection Dan Pewarnaan RGB.” Yogyakarta: Institut Pertanian STIPER Yogyakarta.

Rakhmawati, Rizqa P. 2013. “Sistem Deteksi Jenis Bunga Menggunakan Nilai HSV Dari Citra Mahkota Bunga” Semarang: Universitas STIKUBANK (UNISBANK).

Setiawan, Agung W et al. 2020. “PENGEMBANGAN SISTEM PENILAIAN KEMATANGAN TANDAN BUAH SEGAR KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN CITRA 680 DAN 750 NM.” Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Sunarko. 2009. “Budidaya dan Pengolahan Kebun Kelapa Sawit.” Jakarta: Agromedia Pustaka.

Sutoyo, Totok. 2009. “Teori Pengolahan Citra Digital.” Yogyakarta: Andi.

Sutabri, Tata. 2004. “Sistem Informasi Manajemen.” Yogyakarta: Andi.

Thoriq, Ahmad et al. 2016. “Kajian Karakteristik Spektrum Tandan Buah Segar (Tbs) Kelapa Sawit Berdasarkan Tingkat Kematangan Menggunakan Spektrofotometer Uv – Vis.” Sumedang: Universitas Padjadjaran.

Yuniarto, Verdynt. 2019. "Penerapan Metode Radial Basis Function (RBF) Untuk Mengidentifikasi Tingkat Kematangan Buah Kelapa Sawit Berbasis Android." Pekanbaru: UIN Sultan Syarif Kasim.