

**IDENTIFIKASI TAKARAN PUPUK NITROGEN BERDASARKAN
TINGKAT KEHIJAUAN DAUN TANAMAN PADI MENGGUNAKAN
METODE *HISTOGRAM OF S-RGB* DAN *FUZZY LOGIC***

TESIS

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
MINAT SISTEM KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA**

**Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Magister Teknik**



**RAIMUNDUS SEDO
NIM. 146060300111007**

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2019**



**IDENTIFIKASI TAKARAN PUPUK NITROGEN BERDASARKAN TINGKAT
KEHIJAUAN DAUN TANAMAN PADI MENGGUNAKAN METODE
HISTOGRAM OF S-RGB DAN FUZZY LOGIC**

TESIS

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Magister Teknik**



Disusun Oleh :
Raimundus Sedo (146060300111007)

**Program Magister Teknik Elektro
(Sistem Komunikasi dan Informatika)**

**MENYETUJUI :
KOMISI PEMBIMBING,**

KETUA

Dr. Eng. Panca Mudjirahardjo, ST., MT.
NIP. 19700329 200012 1 001

ANGGOTA

Dr. Ir. Erni Yudaningtvas, M.T.
NIP. 19650913 199002 2 001

**MENGETAHUI,
KETUA PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO**



Dr. Eng. Panca Mudjirahardjo, ST., MT.
NIP. 19700329 200012 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Raimundus Sedo

NIM : 146060300111007

Program Studi : Magister Teknik Elektro

Minat : Sistem Komunikasi dan Informatika

Judul Tesis : Identifikasi Takaran Pupuk Nitrogen Berdasarkan Tingkat
Kehijauan Daun Tanaman Padi Menggunakan Metode
Histogram of s-RGB dan Fuzzy Logic

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Seluruh isi adalah karya saya sendiri dan bukan merupakan karya tulis orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dalam bentuk kutipan yang telah disebutkan sumbernya.
2. Apabila di kemudian hari ternyata Tesis saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala risiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Juni 2019

Yang Membuat Pernyataan,

Raimundus Sedo

NIM. 146060300111007

IDENTITAS TIM PENGUJI TESIS**JUDUL TESIS :**

**Identifikasi Takaran Pupuk Nitrogen Berdasarkan Tingkat Kehijauan Daun
Tanaman Padi Menggunakan Metode *Histogram of s-RGB* dan *Fuzzy Logic***

Nama Mahasiswa : Raimundus Sedo

NIM : 146060300111007

Program Studi : Magister Teknik Elektro

Minat : Sistem Komunikasi dan Informatika

KOMISI PEMBIMBING :

Ketua : Dr. Eng. Panca Mudjirahardjo, S.T., M.T.

Anggota : Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, M.T.

TIM DOSEN PENGUJI :

Dosen Penguji 1 : Dr. Ir. Bambang Siswojo, M.T.

Dosen Penguji 2 : Dr. Eng. Herman Tolle, S.T., M.T.

Tanggal Ujian : 05 April 2019

SK Penguji : 685 Tahun 2019

LEMBAR PERUNTUKAN

Teriring Ucapan Terima Kasih kepada Yang Tercinta :

Ibunda Cresensia Peni Amanutur dan Ayahanda Kanisius Longa



RIWAYAT HIDUP



Raimundus Sedo, lahir di Normal pada tanggal 30 Juni 1985. Anak

kedua dari Bapak Kanisius Longa dan Ibu Cresensia Peni Amanatur.

Sekolah tingkat dasar ditempuh di Sekolah Dasar Inpres Peu Uma

Hingalamamengi Omesuri dan lulus tahun 1996. Melanjutkan ke

Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama Negeri (SLTPN) 1 Golewa

Kabupaten Ngada lulus pada tahun 2002.

Selanjutnya melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas Seminari St. Yohanes Berkhmans

Todabelu Mataloko lulus tahun 2006. Pada tahun 2007 melanjutkan pendidikan

perguruan tinggi di Universitas Widya Gama Malang jurusan Teknik Elektro,

Konsentrasi Telekomunikasi dan dinyatakan lulus dengan menyandang gelar Sarjana

Teknik (ST) pada tahun 2011. Pada Tahun 2014 mulai mengikuti Program Magister

Teknik Elektro, dengan peminatan Sistem Komunikasi dan Informatika (SKI) di

Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Malang, Juni 2019

Penulis,

Raimundus Sedo

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Dalam penyusunan tesis ini tidak terlepas dari bimbingan, dorongan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada :

1. Ayahanda Kanisius Longa dan Ibunda Cresensia Peni Amanatur atas segala dukungan dan doanya selama penulis menempuh pendidikan S2.
2. Bapak Dr. Eng. Panca Mudjirahardjo, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang.
3. Bapak Dr. Eng. Panca Mudjirahardjo, S.T., M.T., selaku pembimbing I dan Ibu Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, M.T., selaku pembimbing II yang dengan penuh perhatian telah memberikan dorongan, semangat, bimbingan, dan saran dalam menyelesaikan tesis ini.
4. Bapak Dr. Ir. Bambang Siswojo, M.T., dan Bapak Dr. Eng. Herman Tolle, S.T., M.T., yang telah bersedia menjadi penguji dan memberikan masukan dan saran guna menyempurnakan tesis ini.
5. Ibunda Cresensia Peni Amanatur dan Ayahanda Kanisius Longa tercinta yang selalu mendoakan dan mendukungku setiap kakiku ini berlangkah.
6. Kakak-adikku yang telah memberi banyak doa, motivasi dan dukungan.
7. Seluruh rekan-rekan Magister Teknik Elektro SKI 1 dan SKI 2 angkatan 2014.
8. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Terima kasih atas bantuan serta semangat yang selalu diberikan hingga terselesaikannya tesis ini. Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa memberikan balasan yang sesuai atas jasa dan bantuan yang telah diberikan.

Malang, Juni 2019

Penulis,

Raimundus Sedo

RINGKASAN

Raimundus Sedo, Program Magister, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2019, *Identifikasi Takaran Pupuk Nitrogen Berdasarkan Tingkat Kehijauan Daun Tanaman Padi Menggunakan Metode Histogram of s-RGB dan Fuzzy Logic*, Dosen Pembimbing : Panca Mudjirahardjo dan Erni Yudaningtyas.

Analisis warna daun padi ialah suatu cara mengidentifikasi kandungan unsur hara yang perlu dilakukan sebagai dasar rekomendasi pemberian pupuk pada padi. Jika tanaman padi kelebihan nitrogen, maka akan gampang terserang penyakit dan mencemarkan air tanah. Sebaliknya, bila kekurangan nitrogen, maka pertumbuhannya akan terhambat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem identifikasi untuk analisis takaran pupuk nitrogen sesuai dengan tingkat kehijauan daun padi melalui konsep pengolahan citra dengan metode *Histogram of s-RGB* dan *Fuzzy Logic* berbasis android. Pada penelitian ini, Bagan Warna Daun (BWD) sebagai konsep dasar pada proses pengembangan sistem ini. Sistem didesain menurut 4 skala sesuai level warna BWD sehingga dapat menganalisis citra daun padi sebagai dasar rekomendasi takaran pupuk nitrogen yang diperlukan tanaman padi. Pengujian dilakukan pada dua buah *smartphone* dengan kapasitas resolusi kamera yang berbeda, yaitu *smartphone* 8 MP dan 5 MP.

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan metode *Euclidean Distance*, diketahui jarak terdekat rata-rata nilai *RGB* sistem terhadap nilai *RGB* pada BWD sekitar 12,61 untuk *smartphone* 8 MP, sementara *smartphone* 5 MP mencapai 13,97. Evaluasi *confusion matrix for multiple classes* diketahui bahwa sistem secara tepat memberikan informasi yang diminta pada *smartphone* 8 MP dinilai lebih baik, yaitu 90,99% daripada yang ada pada *smartphone* 5 MP sekitar 88,20%. Sistem berhasil memperoleh informasi kembali pada *smartphone* 8 MP dengan tingkat *recall* sebesar 91,01% dinilai lebih unggul, daripada yang dimiliki *smartphone* 5 MP yang hanya mencapai 87,59%. Tingkat terdekat antara nilai prediksi sistem terhadap nilai aktual lebih baik pada *smartphone* 8 MP mencapai 91,25%, sementara pada *smartphone* 5 MP sekitar 88,75%. Kedua *smartphone* tersebut berada pada tingkat *specificity* 65% untuk *smartphone* 8 MP dan 65,21 pada *smartphone* 5 MP.

Berdasarkan evaluasi hasil klasifikasi sistem pada *smartphone* 8 MP dan 5 MP terhadap hasil klasifikasi secara visual menunjukkan bahwa bahwa tingkat presisi sistem pada *smartphone* 8 MP dinilai lebih baik, yaitu 88,19% daripada yang ada pada *smartphone* 5 MP sekitar 84,61%. Tingkat *recall* sistem pada *smartphone* 8 MP mencapai 88,25% dinilai lebih unggul, daripada *recall* pada *smartphone* 5 MP yang hanya 83,83%. Akurasi sistem pada *smartphone* 8 MP sekitar 88,75%, sementara pada *smartphone* 5 MP sebesar 85%. Sistem pada *smartphone* 8 MP memiliki tingkat *specificity* mencapai 63,12%, sedangkan pada *smartphone* 5 MP sebesar 65,09%.

Waktu komputasi kinerja sistem yang dihasilkan pada setiap *smartphone* berbeda-beda tergantung spesifikasi *smartphone* yang digunakan, yaitu untuk *smartphone* 1 rata-rata sebesar 10,137 detik, sedangkan pada *smartphone* 2 sebesar 29,625 detik.

Kata Kunci : *Histogram of s-RGB, Fuzzy Logic, Euclidean Distance, Confusion Matrix for Multiple Classes*

SUMMARY

Raimundus Sedo, Master Program, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, June 2019, Identification of Nitrogen Fertilizer Dose Based on Greenness of Leaves of Rice Plants Using Histogram of S-RGB and Fuzzy Logic Methods, Supervisor : Panca Mudjirahardjo and Erni Yudaningtyas.

Color analysis of rice leaves is a way to identify the nutrient content needed as a basis for recommending fertilizer dosing on rice plants. If there is excess nitrogen, the rice plants are susceptible to disease pests in addition to contaminating ground water. Conversely, if the plant lacks nitrogen, then the growth becomes abnormal. The purpose of this study was to design a system for identifying nitrogen fertilizer dosages based on the greenness of the leaves of rice plants through the concept of image processing using Histogram of s-RGB algorithm and Fuzzy Logic based on android. In this study, Leaf Color Chart (LCC) is a basic concept in the process of developing and designing this system. The system is designed based on 4 scales according to the color level of the LCC in order to identify the image of rice leaves as a basis for recommending the dose of nitrogen fertilizer needed by rice plants. Tests were carried out on two smartphones with different camera resolution capacities, 8 MP and 5 MP smartphones.

Based on the test results using the euclidean distance method, it is known that the closest distance of the average RGB value of the system to the value of RGB on LCC is 12,61 on an 8 MP smartphone, while a 5 MP smartphone is 13,97. Confusion matrix for multiple classes evaluation results show that the accuracy of the system to provide the requested information on an 8 MP smartphone is considered better, which is 90,99% compared to what the system has on a 5 MP smartphone of 88,20%. The success of the system to find information back on 8 MP smartphones with a recall rate of 91,01% is considered superior, compared to the success of the system on 5 MP smartphones which only reached 87,59%. The level of closeness between the predictive value of the system and the actual value is better for an 8 MP smartphone of 91,25%, while for a 5 MP smartphone it reaches 88,75%. Both smartphones are at a 65% specificity level for 8 MP smartphones and 65,21 on 5 MP smartphones.

Based on the evaluation of the system classification results on 8 MP and 5 MP smartphones on the results of the visual classification shows that the precision level of the system on an 8 MP smartphone is considered better, which is 88,19% compared to those owned by 5 MP smartphones at 84,61%. The rate of recall of the 8 MP smartphone at 88,25% is considered superior, compared to the recall value of the 5 MP smartphone which only reached 83,83%. The system accuracy rate for 8 MP smartphones is 88,75%, while for 5 MP smartphones it reaches 85%. The system on an 8 MP smartphone has a specificity level of 63,12%, while for a 5 MP smartphone it is 65,09%.

The computing time of the system performance produced on each smartphone varies depending on the specifications of the smartphone used, for smartphones 1 an average of 10.137 seconds, while for smartphones 2 the average is 29.625 seconds.

Keywords : Histogram of s-RGB, Fuzzy Logic, Euclidean Distance, Confusion Matrix for Multiple Classes

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul : “Identifikasi Takaran Pupuk Nitrogen Berdasarkan Tingkat Kehijauan Daun Tanaman Padi Menggunakan Metode *Histogram of s-RGB* dan *Fuzzy Logic* ” ini. Tesis ini diajukan guna memenuhi syarat memperoleh gelar Magister Teknik.

Dalam tesis ini disajikan pokok-pokok bahasan yang meliputi pendahuluan, tinjauan pustaka, kerangka konsep penelitian, metode penelitian, hasil dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran dari penelitian tentang identifikasi takaran pupuk nitrogen berdasarkan tingkat kehijauan daun tanaman padi menggunakan metode *Histogram of s-RGB* dan *Fuzzy Logic* yang telah dilakukan. Semoga dengan hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan memberikan kontribusi di bidang keilmuan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan tesis ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran maupun kritikan yang membangun demi penyempurnaan karya-karya selanjutnya.

Malang, Juni 2019

Penulis,

Raimundus Sedo

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
IDENTITAS TIM PENGUJI	iv
LEMBAR PERUNTUKAN	v
LEMBAR RIWAYAT HIDUP	vi
LEMBAR UCAPAN TERIMA KASIH	vii
LEMBAR RINGKASAN (Bahasa Indonesia)	viii
LEMBAR SUMMARY (Bahasa Inggris)	ix
PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II PENELITIAN RELEVAN DAN DASAR TEORI	
2.1 Penelitian Relevan	6
2.2 Bagan Warna Daun (BWD)	9
2.3 Konsep Algoritma <i>Histogram of s-RGB</i>	13
2.4 Konsep <i>Fuzzy Logic</i>	13
2.5 Konsep Android	17
BAB III KERANGKA KONSEP PENELITIAN	
3.1 Analisis Masalah	21
3.2 Konsep Solusi	22
3.3 Hipotesis Penelitian	26

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat -----27

4.2 Alat dan Bahan-----27

4.3 Tahap Penelitian -----28

4.3.1 Studi Pendahuluan -----28

4.3.2 Identifikasi Masalah -----29

4.3.3 Penetapan Tujuan -----29

4.3.4 Analisis Teori -----29

4.3.5 Pengambilan Data -----29

4.3.6 Perancangan Sistem-----32

4.3.7 Pengujian-----42

4.3.8 Penarikan Kesimpulan dan Saran -----43

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian dan Pembahasan-----44

5.1.1 Hasil Akuisisi Citra -----44

5.1.2 Hasil *Preprocessing* -----44

5.1.3 Hasil Ekstraksi Ciri Warna -----46

5.1.4 Hasil Klasifikasi -----48

5.2 Pengujian dan Evaluasi Sistem -----51

5.2.1 Pengujian Menggunakan Metode *Euclidean Distance*-----53

5.2.2 Evaluasi Hasil Klasifikasi Sistem Terhadap Hasil Klasifikasi Secara Visual-----58

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan -----61

6.2 Saran -----62

**DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN**

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Takaran Urea Berdasarkan Skala Warna Daun Menggunakan BWD Menurut Waktu Yang Ditetapkan	11
Tabel 2.2	Pupuk Urea Susulan Yang Diperlukan Bila Warna Daun pada Skala <4 BWD Sesuai Kebutuhan Riil Tanaman	12
Tabel 4.1	<i>Rule Base System</i>	38
Tabel 4.2	Contoh Tabel Validasi dan Evaluasi Sistem Menggunakan <i>Confusion Matrix for Multiple Classes</i>	42
Tabel 5.1	Contoh Nilai Modus RGB Menggunakan Metode <i>Histogram of s-RGB</i>	48
Tabel 5.2	Contoh Hasil Klasifikasi Level BWD dengan <i>Fuzzy Logic</i>	50
Tabel 5.3	Contoh Nilai <i>RGB</i> Citra Latih untuk Setiap Level Warna BWD.....	52
Tabel 5.4	Contoh Nilai Modus RGB Keluaran Sistem.....	52
Tabel 5.5	Contoh Hasil Perhitungan Jarak Terdekat pada <i>Smartphone</i> 8 MP.....	53
Tabel 5.6	Contoh Hasil Perhitungan Jarak Terdekat pada <i>Smartphone</i> 5 MP.....	53
Tabel 5.7	Hasil Perhitungan <i>Precision, Recall, Specificity, dan Accuracy</i> Sistem pada <i>Smartphone</i> 8 MP Menggunakan Metode <i>Euclidean Distance</i>	54
Tabel 5.8	Hasil Perhitungan <i>Precision, Recall, Specificity, dan Accuracy</i> Sistem pada <i>Smartphone</i> 5 MP Menggunakan Metode <i>Euclidean Distance</i>	56
Tabel 5.9	Evaluasi Sistem pada <i>Smartphone</i> 8 MP dan 5 MP Menggunakan Metode <i>Euclidean Distance</i>	57
Tabel 5.10	Hasil Perhitungan <i>Precision, Recall, Specificity, dan Accuracy</i> Sistem pada <i>Smartphone</i> 8 MP Terhadap Hasil Klasifikasi Secara Visual	58
Tabel 5.11	Hasil Perhitungan <i>Precision, Recall, Specificity, dan Accuracy</i> Sistem pada <i>Smartphone</i> 5 MP Terhadap Hasil Klasifikasi Secara Visual	59
Tabel 5.12	Evaluasi Hasil Klasifikasi Sistem pada <i>Smartphone</i> 8 MP dan <i>Smartphone</i> 5 MP Terhadap Hasil Klasifikasi Secara Visual.....	60

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Bagan Warna Daun (BWD).....	12
Gambar 2.2	Fungsi Keanggotaan Segitiga.....	15
Gambar 2.3	Fungsi Keanggotaan S.....	15
Gambar 2.4	Defuzzifikasi Model <i>Fuzzy Sugeno</i>	17
Gambar 2.5	Arsitektur Android.....	18
Gambar 3.1	Konsep Solusi.....	22
Gambar 3.2	<i>Flowchart</i> Akuisisi Citra.....	23
Gambar 3.3	<i>Flowchart Preprocessing</i>	23
Gambar 3.4	<i>Flowchart</i> Ekstraksi Ciri Menggunakan <i>Histogram of s-RGB</i>	24
Gambar 3.5	<i>Flowchart</i> Tahap Klasifikasi Menggunakan <i>Fuzzy Logic</i>	26
Gambar 4.1	Tahap Penelitian.....	28
Gambar 4.2	Bagan Warna Daun (BWD).....	30
Gambar 4.3	Blok Diagram Sistem Identifikasi Pemberian Takaran Pupuk N.....	32
Gambar 4.4	<i>Constant Lux Box</i>	33
Gambar 4.5	<i>Preprocessing</i>	33
Gambar 4.6	<i>Flowchart</i> Algoritma <i>Histogram of s-RGB</i>	33
Gambar 4.7	<i>Flowchart Fuzzy Logic</i>	34
Gambar 4.8	Fungsi Keanggotaan <i>Red (R)</i>	34
Gambar 4.9	Fungsi Keanggotaan <i>Green (G)</i>	35
Gambar 4.10	Fungsi Keanggotaan <i>Blue (B)</i>	36
Gambar 4.11	Diagram <i>Fuzzy Output (H)</i>	37
Gambar 4.12	Pengambilan Keputusan Model <i>Fuzzy Sugeno</i>	39
Gambar 5.1	Tampilan Form Input Aplikasi.....	44
Gambar 5.2	Contoh Proses Akuisisi Citra dalam <i>Constant Lux Box</i>	45
Gambar 5.3	Contoh Hasil Akuisisi Citra Daun Padi.....	45
Gambar 5.4	Contoh Hasil <i>Preprocessing</i> Citra Daun Padi.....	46
Gambar 5.5	Contoh Tampilan <i>Histogram s-RGB</i> pada <i>Smartphone</i> 8 MP.....	47
Gambar 5.6	Contoh Tampilan <i>Histogram s-RGB</i> pada <i>Smartphone</i> 5 MP.....	47
Gambar 5.7	Contoh Tampilan Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Logic</i>	48
Gambar 5.8	Contoh Tampilan Hasil Klasifikasi Level BWD <i>Fuzzy Logic</i>	50
Gambar 5.9	Grafik Evaluasi Sistem pada <i>Smartphone</i> 8 MP Menggunakan Metode <i>Euclidean Distance</i>	55
Gambar 5.10	Grafik Hasil Evaluasi Sistem pada <i>Smartphone</i> 5 MP Menggunakan Metode <i>Euclidean Distance</i>	56
Gambar 5.11	Grafik Evaluasi Sistem pada <i>Smartphone</i> 8 MP dan 5 MP Menggunakan Metode <i>Euclidean Distance</i>	57
Gambar 5.12	Grafik Evaluasi Sistem pada <i>Smartphone</i> 8 MP Terhadap Hasil Klasifikasi Secara Visual.....	58
Gambar 5.13	Grafik Evaluasi Sistem pada <i>Smartphone</i> 5 MP Terhadap Hasil Klasifikasi Secara Visual.....	59
Gambar 5.14	Grafik Evaluasi Sistem pada <i>Smartphone</i> 8 MP dan 5 MP Terhadap Hasil Klasifikasi Secara Visual.....	60

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Nilai <i>RGB</i> Data Latih Citra Level Warna BWD.....	65
Lampiran 2.	Nilai Modus <i>RGB</i> Hasil <i>Output</i> Sistem.....	66
Lampiran 3.	Contoh Perhitungan <i>Fuzzy Logic</i>	68
Lampiran 4.	<i>Source Code</i> Proses Defuzzifikasi pada <i>Fuzzy Logic</i>	70
Lampiran 5.	Hasil Perhitungan Jarak Kemiripan Menggunakan Metode <i>Euclidean Distance</i>	71
Lampiran 6.	Hasil Perhitungan <i>Precision, Recall, Specificity</i> , dan <i>Accuracy</i> Menggunakan Metode <i>Euclidean Distance</i>	75
Lampiran 7.	Hasil Perhitungan <i>Precision, Recall, Specificity</i> , dan <i>Accuracy</i> pada Proses Evaluasi Hasil Klasifikasi oleh Sistem Terhadap Hasil Klasifikasi Secara Visual.....	
Lampiran 8.	Contoh Perhitungan Dalam Proses Pembentukan Aturan <i>Fuzzy Logic</i>	81
Lampiran 9.	Contoh Perhitungan Jarak Terdekat (<i>Euclidean Distance</i>).....	87
Lampiran 10.	Gambar Data Citra Uji Daun Padi.....	93
Lampiran 11.	Gambar Data Latih Bagan Warna Daun	102
Lampiran 12.	Hasil Pengamatan Secara Visual Terhadap Data Uji Citra Daun Padi oleh Para Responden.....	103





BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Padi sebagai tanaman pangan memang sangat bermanfaat bagi kebutuhan pangan masyarakat. Jika produktivitas tanaman menurun, maka dapat mengganggu stabilitas ketahanan pangan nasional sehingga akan berdampak negatif terhadap sektor-sektor lainnya. Untuk itu, pemerintah mencanangkan swasembada pangan, termasuk swasembada pangan padi tahun 2017 melalui program Upaya Khusus (UPSUS) untuk perbaikan jaringan irigasi dan sarana pendukungnya (Dirjen Tanaman Pangan, 2016).

Dalam rangka mendukung kebijakan pemerintah tersebut, maka hal yang perlu untuk dilakukan yaitu mengoptimalkan cara merawat tanaman padi secara tepat oleh petani. Dalam budidaya tanaman padi agar memperoleh hasil yang optimal, maka hal yang perlu diperhatikan adalah cara pemupukan secara tepat. Pemupukan yang berimbang adalah cara yang tepat untuk memenuhi hara tanaman padi, baik itu dalam jenis, jumlah, maupun waktu. Jika cara pemupukan yang dilakukan tidak sesuai secara proporsional, maka akan berdampak negatif terhadap tumbuh kembang tanaman padi sehingga hasil panen yang diperoleh tidak sesuai dengan harapan.

Pemberian pupuk identik dengan suatu cara penambahan hara tanah untuk tumbuh kembang tanaman padi. Firmansyah dan Sumarni (2013), menyebutkan bahwa unsur hara tanah terpenting yang diperlukan tanaman dalam proses pertumbuhan vegetatif, yaitu Nitrogen (N). Nitrogen sebagai unsur dasar sejumlah senyawa organik, yaitu protein, asam amino, dan asam nukleat yang berfungsi sebagai pengatur pemanfaatan kalium, fosfor, dan lain sebagainya. Jika kelebihan nitrogen hingga daunnya hijau gelap maka tanaman gampang terserang hama penyakit dan dapat mencemarkan air tanah. Sebaliknya, jika kekurangan nitrogen, maka pertumbuhannya terhambat.

Beberapa penelitian untuk menentukan kandungan nitrogen pada tanaman telah dilakukan antara lain oleh Furuya (1987), menunjukkan bahwa status nutrisi tanaman ditentukan oleh warna daun sehingga perlu diteliti. Dalam penelitian tersebut digunakan suatu alat yaitu “Skala Warna Daun Padi Baku (*Standard Rice Leaf Colour Scale*)” untuk menganalisis warna daun pada komunitas tanaman maupun daun tunggal. Hasil analisis daun tunggal diketahui adanya hubungan terhadap kandungan hara nitrogen pada varietas padi secara umum.

Dalam perkembangannya, untuk dapat mengetahui kebutuhan unsur hara nitrogen tanaman padi, maka pemerintah melalui Permentan No.40/Permentan/OT. 140/4/2007 merekomendasikan untuk menentukan takaran dengan BWD, sehingga pemupukan lebih efisien dan produksi optimal. BWD merupakan standar level warna daun yang didistribusikan oleh *International Rice Research Institute (IRRI)*. BWD biasanya digunakan untuk menentukan kandungan nitrogen pada tanaman guna mengetahui takaran pemberian pupuk pada tanaman padi secara tepat. BWD merekomendasikan pemanfaatan pupuk nitrogen sesuai dengan tingkat hijaunya daun yang menunjukkan kadar klorofil pada daun itu. Jika semakin kuning dan pucat warna daun, maka skala BWD semakin rendah yang artinya bahwa semakin rendah ketersediaan nitrogen pada tanah sehingga semakin banyak pupuk nitrogen yang harus diberikan. BWD merekomendasikan jumlah takaran dan waktu pemberian pupuk nitrogen yang diperlukan oleh tanaman (Permentan, 2007).

Permasalahan dalam penggunaan BWD di lapangan adalah petani secara manual membandingkan warna daun tanaman padi terhadap warna gambar yang tertera pada BWD menggunakan mata tanpa alat bantu. Di samping itu, untuk menghindari kesalahan dalam pengukuran, maka direkomendasikan juga agar orang yang sama melakukan pengukuran pada hari yang sama. Cara ini dinilai kurang efektif dan efisien karena menghabiskan banyak waktu dan tenaga dalam pelaksanaannya. Tingkat efektifitasnya juga perlu diragukan karena membandingkan warna menggunakan mata tanpa alat bantu dapat mempengaruhi perolehan hasil pengukuran. Seiring perkembangan teknologi, maka berbagai penelitian telah dikembangkan untuk membantu para petani dalam menentukan status hara pada tanaman dan takaran pupuk yang diperlukan.

Penelitian Kaur dan Singh (2016) tentang aplikasi mobile berbasis android untuk memperkirakan status nitrogen pada tanaman padi dengan pengolahan citra digital menggunakan 6 skala BWD. Parameter yang digunakan adalah jarak antara subjek dan kamera secara *real time*. Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh hasil perbandingan antara citra daun yang ditangkap oleh kamera dengan hasil pembacaan BWD secara visual. Namun, proses pengambilan citra daun dilakukan dalam kondisi intensitas cahaya yang berbeda sehingga hasilnya dapat berubah-ubah. Hal ini dapat berpengaruh pada tingkat akurasi sistem.

Penelitian Astika,dkk (2012) tentang penggunaan telpon seluler berbasis android untuk mengukur tingkat warna daun padi dan takaran pemupukan dengan *Artificial Neural Network* dan *k-Nearest Neighborhood*. Latar belakang yang digunakan adalah telapak tangan dengan akurasi 60% dan dapat mencapai 84% dengan kesalahan dosis pupuk urea rata-rata 4 kg/ha pada kondisi 800-1500 *lux*. Sedangkan, penggunaan latar belakang telapak tangan dan warna patokan memiliki akurasi rata-rata 78% dengan kesalahan dosis pupuk urea rata-rata 4,4 kg/ha. Perlu ditambahkan penggunaan warna patokan dan proses pengambilan citra daun juga perlu dilakukan pada level cahaya yang konstan. Sistem yang dirancang masih menggunakan *database* dan dibatasi pada *smartphone* tertentu, sehingga tidak digunakan bagi semua *smartphone*.

Sebuah alat yang bisa menentukan jumlah klorofil pada daun secara digital, yaitu *SPAD-502* yang merekam molekul klorofil dalam jumlah relatif secara akurat. Nilai pada *SPAD* dihitung sesuai dengan sejumlah cahaya terpancar berupa dua berkas panjang gelombang yang berbeda *absorbansi* klorofilnya. Nilai *SPAD* akan memberikan petunjuk mengenai jumlah relatif klorofil yang ada pada daun. Namun, harganya yang mahal, sehingga untuk tujuan praktis jarang digunakan alat ini (Konica Minolta, 1987).

Untuk itu, tujuan pada penelitian ini adalah membuat sebuah aplikasi untuk dapat mengidentifikasi citra daun berdasarkan tingkat kehijauan daun agar dapat menentukan takaran pupuk nitrogen pada tanaman padi dengan konsep algoritma *histogram of s-RGB* dan *Fuzzy Logic* berbasis android. Dalam kaitan ini, *smartphone* dapat dikembangkan berupa sebuah alat yang dapat mengakuisisi citra daun tanaman padi dan menganalisis warna daun tersebut. Dengan penggunaan metode secara tepat, maka *smartphone* dapat digunakan untuk menganalisis warna warna daun yang sesuai dengan warna pada BWD. Untuk itu, penelitian ini menggunakan metode *Histogram of s-RGB* untuk menghitung nilai histogram dari citra asli, sedangkan untuk penentuan keputusan akan digunakan metode *Fuzzy Logic*. Hasil penelitian Mudjirahardjo, dkk (2016) menunjukkan bahwa

metode *Histogram of s-RGB* dapat mendeteksi latar belakang dengan waktu komputasi yang relatif rendah dan cocok untuk aplikasi *real time*. Langkah pertama dalam metode *Histogram of s-RGB* adalah menghitung jumlah intensitas *RGB* pada setiap piksel dan membentuk *Histogram of s-RGB* dalam 16 bin. Berdasarkan histogram tersebut dapat ditentukan nilai modus *Histogram of s-RGB*. Setelah diperoleh nilai modus, untuk setiap piksel yang memiliki nilai *Histogram of s-RGB* dalam bin modus akan diproses untuk membuat histogram dari intensitas untuk setiap intensitas *RGB*. Histogram ini menunjukkan frekuensi kemunculan intensitas warna. Selanjutnya untuk klasifikasi dan penentuan keputusan takaran pupuk berdasarkan level warna Bagan Warna Daun (BWD), maka *Fuzzy Logic* akan melakukan proses yang diawali dengan proses fuzzifikasi, membentuk *membership function*, *rule base system*, *defuzzifikasi*, dan hasil akhir berupa rekomendasi takaran pupuk yang diperlukan bagi tanaman padi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dimunculkan sesuai latar belakang pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana rancangan sistem akuisisi citra daun padi yang dilakukan sehingga tidak terkena cahaya dari luar pada tahap akuisisi citra?
2. Bagaimana rancangan sistem untuk ekstraksi ciri warna citra daun pada tanaman padi dengan menggunakan metode *Histogram of s-RGB*?
3. Bagaimana rancangan sistem untuk klasifikasi citra daun padi berdasarkan level warna BWD menggunakan *Fuzzy Logic*?
4. Bagaimana hasil performa kinerja sistem identifikasi pemberian pupuk nitrogen yang sesuai dengan tingkat kehijauan daun pada tanaman padi dengan metode *Histogram of s-RGB* dan *Fuzzy Logic*?

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang dibahas pada penelitian ini sehingga penelitian lebih fokus, yaitu :

1. Nilai standar untuk pencocokan warna digunakan sesuai dengan pedoman dalam menggunakan BWD.
2. BWD yang diperlukan dengan 4 skala warna, yaitu warna pada level 5, warna level 4, warna level 3, dan warna pada level 2.

3. Pengambilan citra daun padi dilakukan dengan menggunakan *constant lux box* sehingga tidak terkena cahaya dari luar.
4. Menggunakan metode *Histogram of s-RGB* untuk ekstraksi ciri warna citra daun padi dan metode *Fuzzy Logic* untuk mengklasifikasikan level warna BWD.
5. Menggunakan *smartphone* dengan resolusi piksel kamera 8 MP dan 5 MP pada tahap pengujian sistem.
6. Menggunakan metode *Fuzzy Logic* model *Sugeno* untuk proses *defuzifikasi*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini, yaitu :

1. Merancang sistem pengambilan citra daun padi agar tidak terkena cahaya dari luar pada tahap akuisisi citra.
2. Merancang sistem untuk ekstraksi ciri warna citra daun tanaman padi dengan metode *Histogram of s-RGB*.
3. Merancang sistem untuk klasifikasi citra daun padi berdasarkan level warna BWD menggunakan *Fuzzy Logic*.
4. Mengetahui performa kinerja sistem identifikasi pemberian pupuk nitrogen yang sesuai dengan tingkat kehijauan daun pada tanaman padi dengan metode *Histogram of s-RGB* dan *Fuzzy Logic*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini, yaitu :

1. Secara akademik

Sebagai bentuk pengembangan ilmu dalam bidang pengolahan citra digital dengan cara memanfaatkan metode *Histogram of s-RGB* dan *Fuzzy Logic*, serta dapat memberikan kontribusi keilmuan bagi penelitian selanjutnya.

2. Secara aplikatif

Adanya sistem identifikasi pemberian pupuk nitrogen ini diharapkan untuk mampu membantu petani dalam memberikan takaran pupuk secara tepat sehingga produktivitas semakin meningkat pada saat panen serta menghemat pengeluaran untuk membeli pupuk.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Relevan

Wahid (2003) meneliti mengenai bagaimana cara meningkatkan efisiensi pupuk nitrogen padi sawah menggunakan BWD. Diketahui korelasi yang sangat tinggi antara status pupuk nitrogen dengan Bagan Warna Daun (BWD) terhadap hasil pengamatan dengan menggunakan klorofil meter *Soil Plant Analysis Development (SPAD)*. Pemupukan nitrogen berdasarkan BWD cukup efisien dibandingkan pemupukan yang dilakukan secara konvensional. Di Filipina, BWD yang digunakan mampu menghemat pupuk nitrogen sampai 10-53% daripada takaran yang dimanfaatkan untuk memperoleh suatu produktivitas yang ideal. Di Vietnam, pupuk urea butiran yang dimanfaatkan mampu menghemat nitrogen 20-40% dari cara petani. Di Sulawesi Selatan, pupuk nitrogen dapat dihemat berkisar 60% daripada takaran baku untuk memperoleh hasil yang sama. Namun, proses membandingkan warna daun tanaman padi secara visual menggunakan mata tanpa alat bantu dapat mengakibatkan perolehan hasil yang tidak akurat serta menghabiskan banyak waktu dan tenaga karena harus dilakukan pada waktu bersamaan oleh orang yang sama.

Astika, dkk (2011) menyebutkan tentang bagaimana memetakan beragamnya warna daun padi terhadap citra yang didapatkan melalui pesawat terbang mini. Sistem tersebut dirancang untuk mengakuisisi data tingkat warna yang beraneka pada suatu hamparan lahan sawah dan memetakannya secara spasial yang dapat dimanfaatkan sebagai panduan untuk pemupukan dengan laju variabel. Pengukuran tingkat warna daun dilakukan melalui citra yang ditangkap oleh kamera digital yang digunakan sesuai BWD berdasarkan standar *IRRI*. Kamera digital dioperasikan pada ketinggian sekitar 5 meter (Galah vertikal) dan 30-100 meter (Pesawat terbang mini). Hasil percobaan diketahui bahwa tingkat warna daun yang berbeda dinyatakan dengan adanya perbedaan warna komponen *RGB* secara tetap pada sejumlah intensitas cahaya. Metode yang digunakan adalah *Artificial Neural Network (ANN)* untuk mengkonversi koordinat yang ada dalam citra ke koordinat lahan.



Akurasi yang diperoleh mencapai 18-78% pada Galah, sedangkan pesawat terbang mini sebesar 64%-78%. Permasalahannya ialah pada citra lahan ditemukan efek pandangan perspektif, efek mata ikan jika terbang tinggi, dan ketepatan patokan piksel yang dipilih.

Penelitian Astika, dkk (2012) tentang bagaimana menggunakan telepon seluler android untuk mengukur tingkat warna daun padi dan takaran pupuk. Metode yang digunakan, yaitu *Artificial Neural Network (ANN)* dan *k-Nearest Neighborhood (kNN)*. Dalam penelitian, *ANN* ternyata tidak memberi akurasi pendugaan yang baik sehingga dalam tahap selanjutnya yang digunakan adalah metode *kNN* untuk proses klasifikasi guna menentukan tingkat warna daun. Penelitian ini menggunakan latar belakang telapak tangan yang memiliki akurasi 60% dan dapat mencapai 84% pada kondisi iluminansi rendah (800-1500 *lux*). Pada kondisi tersebut terjadi kesalahan dosis pupuk urea rata-rata 4,0 kg/ha. Sementara penggunaan latar belakang telapak tangan dan warna patokan memiliki akurasi rata-rata 78%, dan kesalahan dosis pupuk urea rata-rata 4,4 kg/ha. Namun, penggunaan warna patokan dalam penelitian dinilai masih kurang sehingga perlu ditambahkan. Sistem yang dirancang masih menggunakan *database* dan dibatasi pada *smartphone* tertentu, sehingga tidak dapat digunakan bagi semua *smartphone*. Proses akuisisi citra daun juga perlu dilakukan pada level intensitas cahaya yang konstan.

Penelitian yang dilakukan oleh Chris, dkk (2013) tentang bagaimana metode kalibrasi warna relatif dan *k-Nearest Neighborhood (kNN)* diimplementasikan pada *smartphone* untuk akuisisi warna pada BWD. Penelitian ini dilakukan untuk menguji kelayakan kamera *smartphone* yang digunakan agar dapat mengakuisisi warna yang terdapat pada BWD. Hasil uji coba menggunakan beberapa kamera *smartphone* yang berbeda diperoleh rata-rata di atas 83% yang artinya sistem dapat membedakan sedikitnya lima dari enam level warna BWD. Namun, proses akuisisi citra sampel daun diambil secara langsung tanpa mempertimbangkan intensitas cahaya yang digunakan. Hal ini dapat mengakibatkan citra daun yang diambil menghasilkan nilai yang berbeda-beda. Untuk itu, diperlukan suatu pencahayaan yang relatif konstan agar memberikan hasil yang lebih akurat dan konsisten. Meskipun idealnya menggunakan sumber cahaya matahari, akan tetapi cahaya matahari dapat berubah-ubah setiap waktu.

Sari, dkk (2013) melakukan penelitian tentang deteksi level warna pada BWD dengan kamera *smartphone* menggunakan metode kalibrasi warna relatif dan pengklasifikasian citra daun memanfaatkan *k-Nearest Neighborhood (kNN)*. Dalam penelitian ini digunakan kamera *smartphone* merk *Samsung Galaxy ACE (ACE)* dan *LG Optimus (LG)* dengan kondisi cahaya yang berbeda-beda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kamera

smartphone dapat mendeteksi level warna pada BWD dengan tingkat akurasi 83%. Perhitungan tingkat akurasi didasarkan pada nilai rata-rata dan nilai modus. Hasil perhitungan diketahui tingkat akurasi berdasarkan nilai rata-rata lebih baik (0,8294-0,9968) daripada nilai modus (0,7123-0,9698). Hasil pengukuran secara keseluruhan menunjukkan tingkat akurasi kamera *Samsung Galaxy ACE* lebih baik dibandingkan *LG Optimus*. Namun, proses akuisisi sampel citra daun dilakukan pada intensitas cahaya berbeda-beda sehingga dapat mempengaruhi intensitas sampel citra daun yang diperoleh.

Shaputri, dkk (2013) mengklasifikasi *lovebird* sesuai dengan warna serta bentuk kepala menggunakan *Local Binary Pattern (LBP)* dan *Fuzzy Logic*. Metode yang digunakan dalam sistem adalah metode *LBP* untuk mendapatkan ciri warna dan proses klasifikasi digunakan *fuzzy logic*. Jumlah sampel, yaitu 15 data latih dan 30 data uji. Hasil penelitian diperoleh nilai akurasi sebesar 93,3% untuk pengujian bentuk kepala dengan waktu komputasi 20,7627 detik, 83,3% untuk pengujian warna dengan waktu komputasi 55,787 detik, dan 80% untuk pengujian kepala dan warna dengan waktu komputasi 44,9024 detik.

Penelitian Kaur dan Singh (2016) tentang aplikasi mobile berbasis android untuk memperkirakan status nitrogen pada tanaman padi dengan pengolahan citra digital menggunakan 6 skala BWD. Parameter yang digunakan adalah jarak antara subyek dan kamera secara *real time*. Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh hasil perbandingan antara citra daun yang ditangkap oleh kamera dengan hasil pembacaan BWD secara visual. Namun, proses pengambilan citra daun dilakukan dalam kondisi intensitas cahaya berbeda-beda sehingga hasilnya dapat berubah-ubah. Hal ini dapat berpengaruh pada tingkat akurasi sistem.

Mudjirahardjo, dkk (2016) juga telah meneliti tentang *Soccer Field Detection on Histogram of s-RGB* menyimpulkan bahwa penentuan warna dominan dan latar belakang dihasilkan secara akurat daripada tanpa menggunakan histogram. Dengan pengurangan jumlah piksel untuk diproses, maka waktu komputasi untuk mendeteksi latar belakang yang semakin rendah, sehingga cocok untuk aplikasi *real time*. Waktu komputasi untuk ukuran citra 640x480 piksel, yaitu proses 1 menggunakan *histogram* secara langsung mencapai 97,39, proses 2 menggunakan *Histogram s-RGB 8 bins* sebesar 98,17, dan proses 3 menggunakan *Histogram s-RGB 16 bins* mencapai 97,29.

2.2 Bagan Warna Daun (BWD)

Bentuk BWD ialah segi empat guna menganalisis status hara nitrogen pada tanaman padi yang memiliki 4 skala warna, yaitu hijau tua sampai hijau muda yang menunjukkan tingkat hijau pada daun tanaman padi. Apabila daun padi warnanya pada skala terendah artinya tanaman tersebut kekurangan nitrogen sehingga harus dipupuk. Sebaliknya, jika daunnya terletak pada skala tertinggi pada skala 4 pada BWD maka tanaman jangan dipupuk karena sudah memiliki nitrogen yang cukup.

Pemberian pupuk nitrogen yang kurang dapat memberikan hasil panen yang tidak optimal, sebaliknya pemupukan nitrogen berlebihan maka tanaman menjadi gampang rebah dan terserang penyakit. Sehingga, adanya BWD dapat mengurangi pengeluaran hingga 15-20% tanpa mengurangi hasil. Bahkan kini, BWD dapat digunakan untuk mengukur kebutuhan nitrogen pada tanaman jagung. Melalui penelitian yang dilakukan, BWD dapat digunakan dua cara, yaitu berdasarkan waktu yang telah ditetapkan (*fixed time*) atau berdasarkan kebutuhan riil tanaman (Permentan, 2007).

1. Takaran Pupuk Nitrogen sebagai Pupuk Dasar

Pupuk nitrogen adalah pupuk dasar yang dibutuhkan tanaman padi. Untuk itu, pemberian pupuk disesuaikan dengan rekomendasi (Permentan, 2007), yaitu :

- a. Tanaman padi perlu diberikan pupuk dasar nitrogen dengan takaran urea 50-75 kg/hektar, terutama sebelum padi berusia 14 hari setelah tanam (HST). BWD tidak perlu digunakan pada saat itu.
- b. Tingkat hijaunya daun tanaman diukur dengan BWD saat berusia 25-28 HST. Sebelum fase primordia perlu diukur setiap 7-10 hari sekali terutama varietas unggul biasa. Tingkat kehijauan pada padi tipe baru dan hibrida perlu dilakukan hingga tanaman tersebut berbunga kira-kira 10%.

2. Cara Penggunaan BWD

Adapun cara penggunaan Bagan Warna Daun (BWD) yang direkomendasikan pemerintah dalam Peraturan Menteri Pertanian (Permentan, 2007) ialah sebagai berikut.

- a. Memilih 10 rumpun tanaman sehat yang dilakukan secara acak pada lahan yang sama, lalu memilih daun yang sudah terbuka secara penuh.
- b. Meletakkan daun padi pada permukaan BWD dan membandingkan warna daun padi dengan warna panel BWD. Apabila warna daun berada pada 2 skala, maka nilainya perlu dirata-ratakan, misalnya 2,5 untuk warna antara 2 dan 3.
- c. Saat membandingkan warna pada daun terhadap BWD, daun padi jangan terkena pantulan sinar matahari, karena berpengaruh pada hasil yang diperoleh.
- d. Menentukan waktu pada saat siang atau pagi hari dan dihindari untuk melakukan kegiatan ini di tengah terik matahari.
- e. Melakukan pengukuran oleh satu orang pada waktu dan hari yang sama.
- f. Apabila terdapat lebih dari 10 warna daun yang diamati berada kurang dari skala 4, maka perlu diberikan pupuk susulan sesuai kebutuhan tingkat hasil.

3. Waktu Penggunaan BWD

Adapun waktu penggunaan BWD yang direkomendasikan pemerintah dalam Peraturan Menteri Pertanian (Permentan, 2007) adalah sebagai berikut.

- a. Waktu yang ditetapkan

Didasarkan pada saat pembentukan anakan aktif, yaitu 21-28 hari setelah tanam dan primordia 35-40 hari setelah tanam. Pengukuran terhadap BWD cukup 2 kali dilakukan, karena BWD saat pemupukan pertama tidak dimanfaatkan.

- b. Sesuai kebutuhan riil tanaman

Warna daun padi dibandingkan secara berkala terhadap skala BWD, terutama pada 7-10 hari saat 21-28 hari setelah tanam sampai 50 hari setelah tanam. Jika warna daun di bawah skala 4, maka tanaman diberi pupuk nitrogen.

4. Takaran Pupuk Nitrogen Sesuai Dengan Waktu yang Ditetapkan

Gani (2006), menyebutkan bahwa BWD hanya dimanfaatkan saat pemupukan kedua atau 21-28 hari setelah tanam dan pemupukan ketiga 35-40 hari setelah tanam dengan membandingkan warna pada daun terhadap BWD. Sedangkan, takaran pupuk nitrogen yang diberikan berdasarkan waktu yang telah ditetapkan tertera pada Tabel 2.1.

- Apabila warna pada daun terletak di skala BWD 2 dan 3, maka perlu diberikan 125 kg urea/ha jika hasil yang ingin diperoleh 7 ton/ha gabah kering giling. Apabila tingkat hasil 5 ton/ha gabah kering giling dibutuhkan 75 kg urea/ha.
- Apabila warna pada daun terletak di antara skala BWD 3 dan 4, maka perlu diberikan 100 kg urea/ha jika yang diinginkan 7 ton/ha gabah kering giling. Apabila tingkat hasil 5 ton/ha gabah kering giling, maka diberikan cukup 50 kg urea/ha.
- Apabila warna pada daun terletak di skala BWD 4 sampai 5, maka perlu diberikan 50 kg urea/ha jika yang ingin diperoleh 7-8 ton/ha gabah kering giling. Tanaman jangan diberi pupuk jika tingkat hasil diinginkan adalah 5-6 ton/ha.

Tabel 2.1 Takaran urea berdasarkan skala warna daun menggunakan BWD menurut waktu yang ditetapkan.

Nilai warna daun dengan BWD	Tingkat Hasil (t/ha GKG)			
	5	6	7	8
	Takaran urea yang digunakan (kg/ha)			
2 – 3	75	100	125	150
Antara 3 dan 4	50	75	100	125
4 – 5	0	0-50	50	50

Sumber : Gani (BB Padi, 2006)

5. Takaran Pupuk Nitrogen Berdasarkan Kebutuhan Riil Tanaman

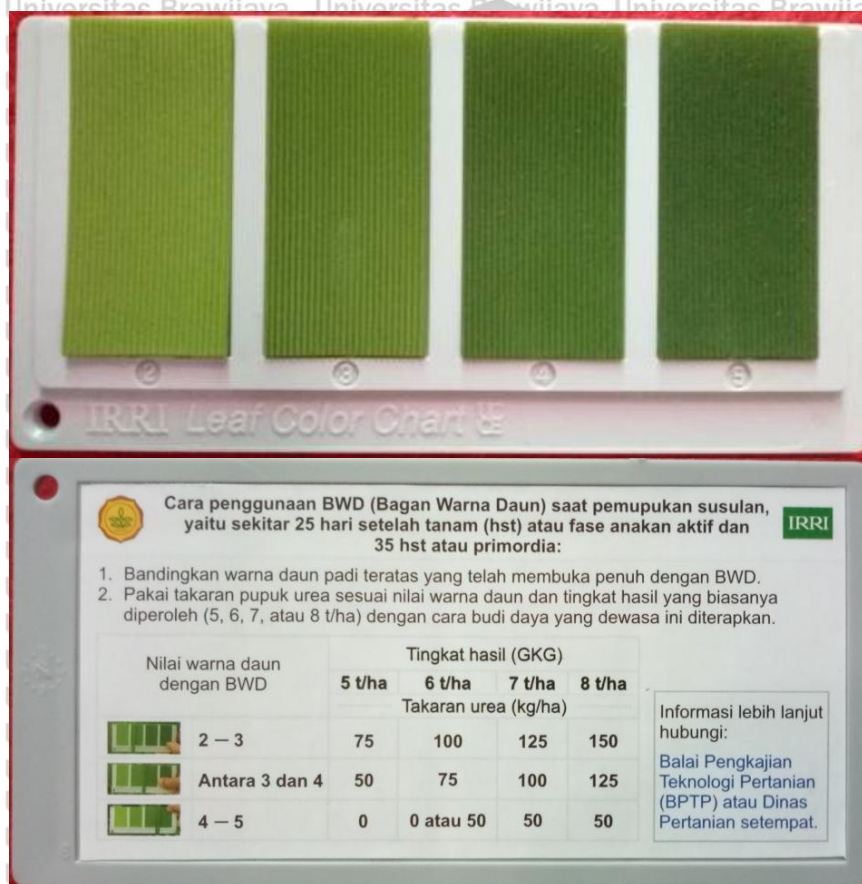
Adapun cara penggunaan BWD berdasarkan kebutuhan riil tanaman padi oleh Gani (2006), yaitu pada 21-28 hari setelah tanam perlu diukur warna daun pada padi terhadap BWD, diteruskan saat 7-10 hari hingga pada usia 50 hari setelah tanam. Jika hasil yang diinginkan 7 ton/ha gabah kering giling, maka diperlukan pupuk urea susulan sebesar 100 kg/ha. Jika hasil yang diinginkan 5 ton/ha gabah kering giling, maka diberikan 50 kg urea/ha. Takaran pupuk nitrogen yang diberikan berdasarkan kebutuhan riil tanaman tertera di Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pupuk urea susulan yang dibutuhkan jika warna daun pada skala <4 BWD menurut kebutuhan riil pada tanaman.

Nilai warna daun dengan BWD	Tingkat Hasil (t/ha GKG)			
	5	6	7	8
Di bawah 4	50	75	100	125

Sumber : Gani (BB Padi, 2006)

Gambar 2.1 di bawah ini memperlihatkan gambar Bagan Warna Daun (BWD) yang direkomendasikan penggunaannya bagi para petani.



Gambar 2.1 Bagan Warna Daun (BWD)

2.3 Konsep Algoritma *Histogram of s-RGB*

Menurut Mudjirahardjo, dkk (2016), bahwa langkah pertama algoritma *Histogram of s-RGB* adalah menghitung jumlah intensitas *RGB* (*s-RGB*) pada setiap piksel.

Perhitungan dapat dilakukan menggunakan persamaan (2-1).

$$s\text{-}RGB(x, y) = I_R(x, y) + I_G(x, y) + I_B(x, y) \quad (2-1)$$

dimana *s-RGB* (x, y) adalah jumlah dari intensitas *RGB* pada piksel (x, y), $I_R(x, y)$, $I_G(x, y)$, dan $I_B(x, y)$ adalah merah, biru, dan intensitas hijau pada setiap piksel (x, y).

Penggunaan 8 bit untuk kode intensitas warna, maka mendapatkan nilai *s-RGB* dari 0-765. Selanjutnya menentukan modus determinan biner dengan persamaan (2-2).

$$\text{mod}_{s\text{-}RGB} = \arg \max_{bin} (\text{histogram of } s\text{-}RGB) \quad (2-2)$$

Setelah mendapatkan nilai modus, untuk setiap piksel yang memiliki nilai *s-RGB* dalam bin modus akan diproses untuk membuat histogram dari intensitas untuk setiap intensitas *RGB*. Histogram ini menunjukkan frekuensi kemunculan intensitas warna.

Untuk menentukan warna dominan dalam modus bin yaitu menghitung modus warna dari masing-masing histogram dari intensitas seperti persamaan berikut ini.

$$\text{mod}_{hist_R} = \arg \max_{IR} (\text{histogram}_R) \quad (2-3)$$

$$\text{mod}_{hist_G} = \arg \max_{IG} (\text{histogram}_G) \quad (2-4)$$

$$\text{mod}_{hist_B} = \arg \max_{IB} (\text{histogram}_B) \quad (2-5)$$

Selanjutnya dominan warna (mod_{RGB}) tersebut, dapat dihitung menggunakan persamaan (2-6).

$$\text{mod}_{RGB} = \max(\text{mod}_{hist_R}, \text{mod}_{hist_G}, \text{mod}_{hist_B}) \quad (2-6)$$

2.4 Konsep *Fuzzy Logic*

Konsep *fuzzy logic* diperkenalkan oleh *Zadeh* yang awalnya dipresentasikan bukan merupakan metodologi kontrol, tetapi suatu cara pemrosesan data yang memperbolehkan himpunan anggota parsial dibanding anggota himpunan non-parsial (Kusrini, 2008).

Tahun 1965, karya ilmiahnya *Lotfi Asker Zadeh* dipublikasikan dengan judul *Fuzzy Sets*. Ini ialah sebuah konsep perluasan himpunan klasik menjadi himpunan *crisp set* pada himpunan kabur. George Cantor (1945-1918), mengemukakan bahwa

himpunan sebagai suatu kumpulan obyek yang diartikan dengan tegas. Untuk itu, misalnya suatu himpunan B dalam semesta Y dapat diartikan dengan fungsi $Y_B(y) : Y \rightarrow \{0,1\}$, dikenal sebagai fungsi karakteristik himpunan B, pada setiap $y \in Y$.

$$x_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{untuk } x \in A \\ 0, & \text{untuk } x \notin A \end{cases} \quad (2-7)$$

Dengan mengembangkan konsep fungsi tersebut, maka Zadeh mengartikan himpunan fuzzy sebagai fungsi keanggotaan, dimana nilainya antara 0 hingga 1. Jadi, keanggotaan himpunan tersebut tidak lagi sesuatu yang tegas, melainkan sesuatu yang bergradasi secara kontinu (Yazdi, 2014). *Fuzzy logic* mampu menjelaskan suatu proses secara linguistik, dan dipresentasikannya dalam sejumlah kecil *rule* yang fleksibel. *Fuzzy logic* memberikan jalan keluar terhadap masalah yang sulit menggunakan *rule If-Then*. *Fuzzy logic* memberikan perubahan secara bertahap pada *input* yang dapat menghasilkan perubahan yang baik pada *output* dengan tidak putus-putus (Laudon dkk, 2008).

Alasan digunakan *Fuzzy logic*, ialah :

1. Konsepnya mudah dipahami karena memiliki pemahaman matematis dengan penalaran yang sederhana.
2. Sifatnya yang fleksibel.
3. Selalu toleransi pada ketidaktepatan penggunaan data.
4. Bisa memodelkan kesulitan suatu fungsi tidak *linear*.
5. Menciptakan pengalaman pakar dengan tidak melalui proses pelatihan.
6. Bekerja menggunakan teknik kendali secara konvensional sesuai bahasa alami.

1. Komponen-komponen *Fuzzy Logic*

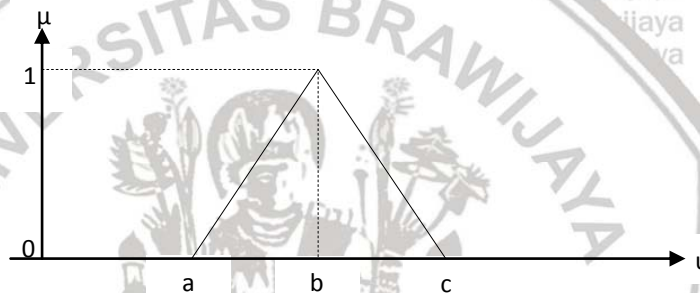
a. Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* dari semesta akan dikelompokkan dalam fungsi keanggotaan $\mu_A = (x)$ dengan nilai antara 0 hingga 1, karena fungsi keanggotaan himpunan klasik memiliki nilai 0 dan 1, sementara fungsi keanggotaan *fuzzy* adalah fungsi kontinu dalam rentang [0 1].

b. Fungsi Keanggotaan *Fuzzy*

Fungsi keanggotaan merepresentasikan grafis dari besarnya keikutsertaan setiap masukan. Fungsi keanggotaan dihubungkan dengan bobot setiap masukan yang diolah dengan pencocokan fungsi antar masukan dan respon yang ditentukan. Contoh fungsi keanggotaan yang sering dalam praktik sebagai berikut (Widodo, 2005).

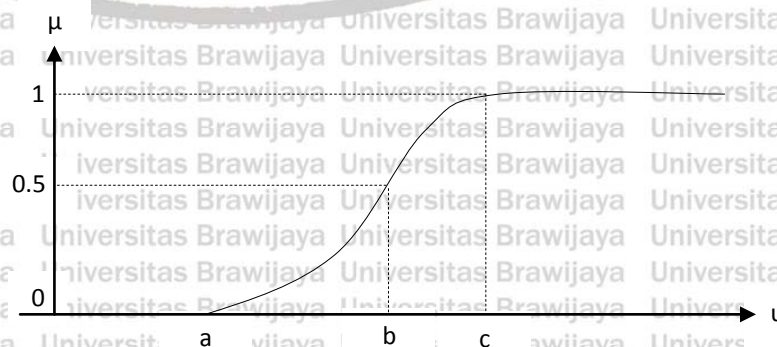
1) Fungsi Segitiga



Gambar 2.2 Fungsi Keanggotaan Segitiga

$$T(u; a, b, c) = \begin{cases} 0; & \text{Untuk } u < a \\ \frac{u - a}{b - a} & a \leq u \leq b \\ \frac{c - u}{c - b} & b \leq u \leq c \\ 0 & u > c \end{cases} \quad (2-8)$$

2) Fungsi S



Gambar 2.3 Fungsi Keanggotaan S

$$S(u; a, b, c) = \begin{cases} 0; & \text{Untuk } u < a \\ 2[(u-a)/(c-a)]^2 & a \leq u \leq b \\ 2-2[(u-c)/(c-a)]^2 & b \leq u \leq c \\ 1 & u > c \end{cases} \quad (2-9)$$

Titik persilangan 0,5 terjadi pada $b = (a+c)/2$

c. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi sebagai proses mengolah variabel numerik ke dalam variabel linguistik.

Nilai input dalam bentuk variabel numerik yang dijumlahkan sebelum diubah pengendali *fuzzy* harus diolah sebelumnya ke dalam variabel *fuzzy*. Cara untuk memperoleh nilai keanggotaan dapat berupa pendekatan fungsi. Dimana fuzzifikasi untuk mengubah nilai tegas dalam fungsi keanggotaan (Rosnelly, 2012).

d. Inferensi (*Rule Base*)

Bentuk aturan *fuzzy* dinyatakan dengan “*If...Then*” dan menjadi inti dari hubungan *fuzzy* dan dinyatakan dalam R yaitu fungsi implikasi. Terdapat 2 cara memperoleh aturan “*If.....Then*”, yaitu :

- 1) Bertanya kepada manusia sebagai ahli yang telah mampu secara manual untuk mengendalikan sistem.
- 2) Penggunaan algoritma latihan sesuai data *input* dan *output*.

e. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses mengubah penalaran yang masih dalam bentuk *fuzzy* berupa derajat keanggotaan menjadi variabel numerik *non-fuzzy* (Kusrini, 2008).

2. Model *Fuzzy Sugeno*

Penalaran dengan model *Fuzzy Sugeno* menghasilkan keluaran berupa konsekuensi dan bukan himpunan *fuzzy*, tetapi konstanta maupun berupa persamaan linear. Pada tahun 1985, metode ini ditemukan Takagi Sugeno Kang.

a. *Fuzzy Sugeno* Orde-Nol

Bentuk umum *Fuzzy Sugeno* Orde-Nol, yaitu :

IF (x_1 is A_1) *AND* (x_2 is A_2) *AND* (x_3 is A_3) *AND* *AND* (x_N is A_n) *THEN* $z=k$

dimana A_n merupakan himpunan *fuzzy* ke- n sebagai *anteseden*, dan k ialah konstanta dalam *konsekuensi*.

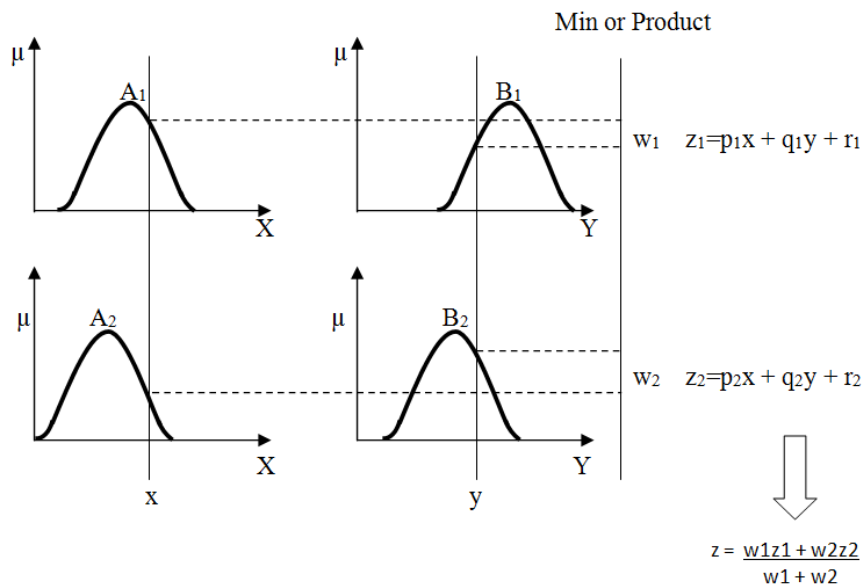
b. *Fuzzy Sugeno* Orde-Satu

Bentuk umum *Fuzzy Sugeno* Orde-Satu, yaitu :

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) \text{ AND } \dots \text{ AND } (x_N \text{ is } A_n) \text{ THEN } z = p_1 * x_1 + \dots + p_n * x_n + q$$

dimana A_n sebagai himpunan *fuzzy* ke- n yaitu *anteseden*, dan p_n berupa konstanta tegas ke- n dan q konstanta dalam konsekuen. Defuzzifikasi diproses dengan mencari nilai rata-ratanya, jika komposisi *rule* menggunakan *Fuzzy Sugeno*,

Proses defuzzifikasi pada model *Fuzzy Sugeno* oleh Ross (2010) dipresentasikan melalui Gambar 2.4 sebagai berikut.



Gambar 2.4 Proses Defuzzifikasi *Fuzzy Sugeno*

2.5 Konsep Android

Linux merupakan basis sistem operasi android. Berbagai piranti bergerak mengembangkan aplikasi dengan menggunakan *platform* yang disediakan android.

Google mengembangkan android pada tahun 2007. Ponsel pertamanya yang terkenal adalah *GI T-Mobile*. Android dirilis oleh Google di bawah naungan *Open Handset Alliance*. Android dikenal sebagai sistem operasi yang cepat serta memiliki *user interface* intuitif menggunakan pilihan yang fleksibel. *Google Calendar*, *Gmail*,

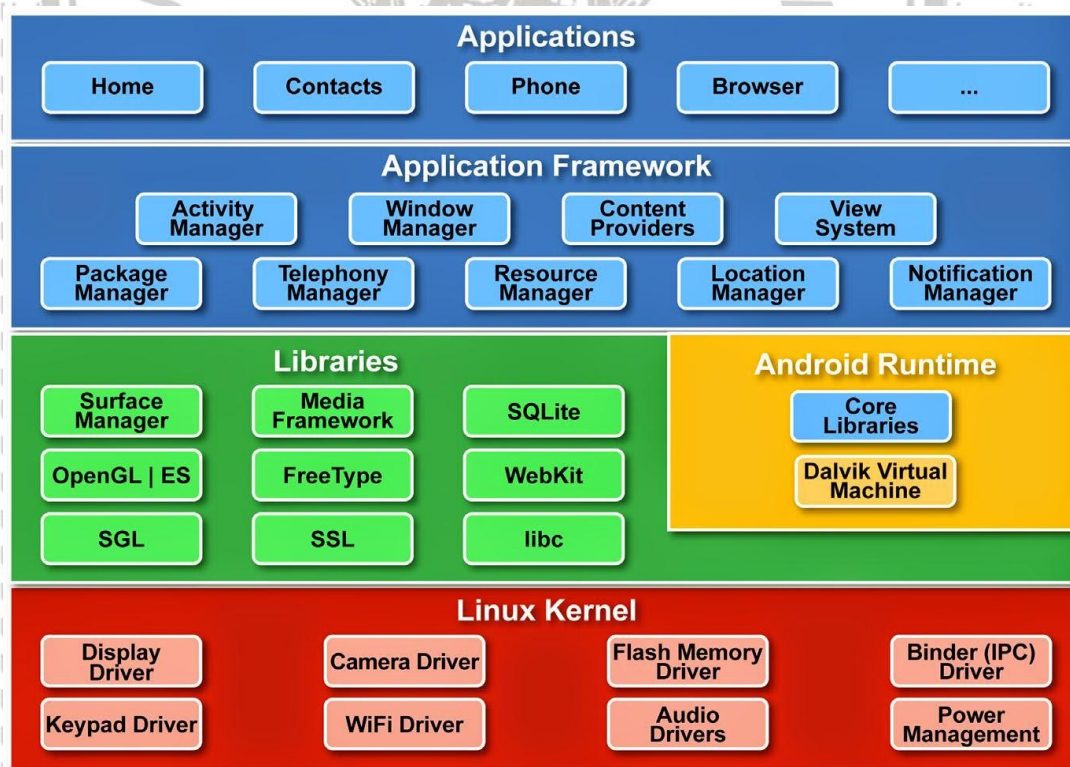
Google Voice, dan *Google Contacts* telah disatukan Google menggunakan android (Azis, 2012). Pada tahun 2012 diperkirakan 200 juta *user* aktif Android, sedangkan *google play* sekitar 400.000 aplikasi yang telah dimanfaatkan, dan jumlah aplikasi maksimal sekitar 10 triliun kali di-*download* melalui *Android Market*. Jumlah tersebut diprediksi terus bertambah seiringnya waktu dan teknologi yang berkembang (Wahadyo, 2013).

1. Arsitektur Android

Supardi (2014), menyebutkan bahwa umumnya arsitektur android, meliputi *applications* beserta *widgets*, *libraries*, *applications frameworks*, *linux kernel* dan *android run time*.

- a. *Applications* beserta *Widgets* adalah layer yang berkaitan dengan lapis.
- b. *Applications Frameworks* ialah *open development*, dimana android menawarkan *platform* ini untuk menciptakan aplikasi. Pengembang dapat mengakses secara penuh *API Frameworks* pada lapisan ini terutama seperti aplikasi pada kategori inti. Komponen pada bagian ini, ialah *content provider*, *views*, *resource manager*, *activity manager*, dan *notification manager*.
- c. Fitur android terletak pada lapisan *Libraries*.
- d. *Android Run Time* ialah lapisan untuk menjalankan aplikasi pada android. *Linux* dapat digunakan dalam proses implementasi.
- e. Letak sistem operasi android ialah pada lapisan inti *Linux Kernel*.

Arsitektur android secara umum tertera di Gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5 Arsitektur Android

Sumber : Supardi (2014)

Bahasa *java* digunakan dalam membangun struktur aplikasi android. Kode *java* tersebut akan dikompilasi menggunakan sumber file yang diperlukan aplikasi. Prosesnya dilakukan oleh *tools* pada *Package* yaitu *Apt tools* pada paket android dengan file berekstensi *apk*. File *Apk* tersebut ialah aplikasi yang dapat dijalankan pada peralatan-peralatan *mobile*. Terdapat 4 komponen aplikasi android, ialah :

- a. *Activities* untuk menyediakan tampilan kepada pengguna.
- b. *Service* berjalan secara *backgrounds*.
- c. *Broadcast Receiver* dapat menerima dan bereaksi menghasilkan notifikasi.
- d. *Content Provider* berfungsi menyajikan sekumpulan aplikasi data secara khusus agar dapat digunakan oleh sejumlah aplikasi lainnya.

2. Pengolahan Citra pada Android

Pengolahan citra merupakan suatu bentuk pengolahan sinyal masukan dan sinyal keluaran dalam bentuk citra dengan melibatkan persepsi visual. Pengolahan citra dilakukan dengan mentransformasikan citra ke bentuk citra berbeda, seperti pemampatan citra. Secara umum, proses pembentukan citra meliputi 2 macam, berupa citra kontinu dan citra diskrit. Citra kontinu diperoleh dari sistem optik yang menerima sinyal analog, misalnya kamera analog. Sedangkan, citra digital dibentuk dan dihasilkan lewat digitalisasi terhadap citra kontinu, misalnya pada kamera digital. Untuk itu, citra digital ialah suatu proses digitalisasi citra yang menampilkan citra dari fungsi kontinu ke dalam sejumlah nilai diskrit. Perangkat sistem pengolahan citra terdiri atas *software*, *hardware*, dan intelegensi manusia (Putra, 2010).

Pengolahan citra awalnya dilakukan di komputer *desktop*, namun berkembangnya teknologi mengakibatkan pengolahan citra untuk dapat dikembangkan melalui *gadget-gadget* seluler yang menggunakan sistem operasi android. Fachrul dan Gianto (2015), menyebutkan bahwa android ialah sistem operasi yang berjalan di kernel *Linux*. Android ini sebelumnya dikembangkan hanya untuk menggenapi sistem operasi pada *gadget-gadget* seluler, misalnya pada *smartphone* layar sentuh.

Oleh karena pengembangannya secara *open source*, maka berdampak penerimaan di dalam dunia industri IT semakin cepat. Google meluncurkan android pada tahun 2007 sebagai sistem operasi khususnya untuk *smartphone* atau *gadget* dan tidak boleh diperjualbelikan. Untuk itu, android dapat dikembangkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan berbagai macam aplikasi sehingga masyarakat dapat dibantu.

Dalam upaya pengembangan konsep pengolahan citra berbasis android, maka diperlukan untuk mengenal *tools* dan *software* yang digunakan untuk membangun aplikasi android berdasarkan konsep pengolahan citra tersebut. Dalam kaitan ini, maka *Android Studio* merupakan salah satu software terkenal yang diluncurkan Google. *Android Studio* merupakan *IDE (Integrated Development Enviroment)* yang telah resmi diluncurkan Google guna mengembangkan aplikasi berbasis android yang berbasis pada *IntelliJ IDEA*. Pada *Android Studio* telah dilengkapi dengan berbagai *plugins* yang dapat digunakan untuk mengembangkan konsep pengolahan citra berbasis android, misalnya *Plugins ADT*. *Plugins ADT* merupakan *plugins* yang berfungsi untuk mengembangkan aplikasi android dengan memanfaatkan *tool development* seperti *Eclipse*, sehingga dapat berjalan dan dikontrol secara baik menggunakan *tool* tersebut. Di samping itu, *Android Studio* menawarkan berbagai fitur untuk meningkatkan hasil dalam mengembangkan aplikasi pada android, yaitu :

1. *Gradle* merupakan sistem yang fleksibel sebagai dasar untuk setiap versi.
2. *Emulator* yang dapat beroperasi secara cepat dan memiliki banyak fitur.
3. *Instant Run* dapat digunakan untuk melakukan perubahan pada jalannya aplikasi tanpa harus membangun suatu APK baru.
4. Mendukung bahasa pemrograman C++ dan juga pada NDK.
5. Dukungan yang berupa bawaan pada *Google Cloud Platform*, dan memudahkan penyatuan *Google Cloud Messaging* dan *App Engine*.

BAB III

KERANGKA KONSEP PENELITIAN

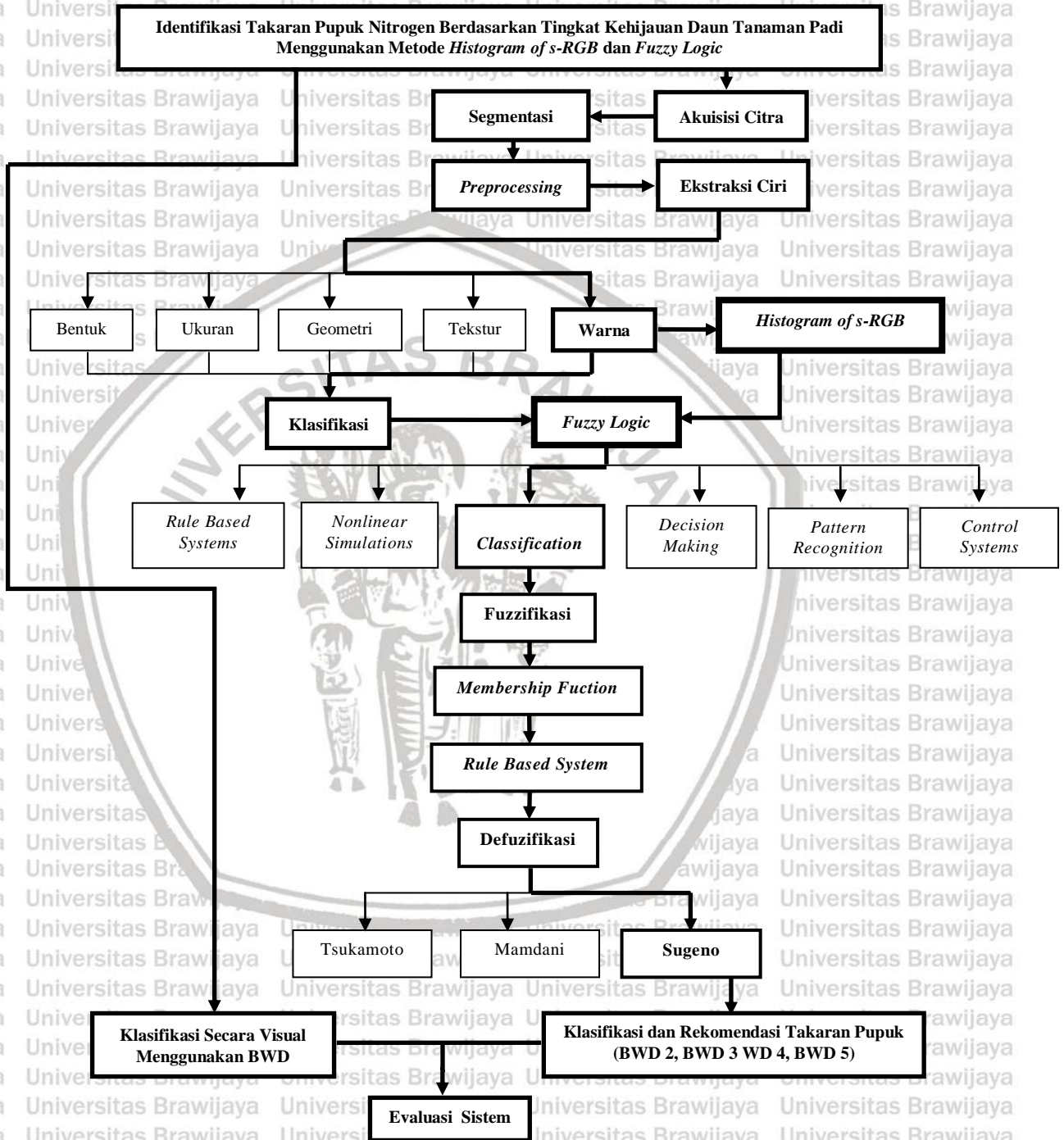
3.1 Analisis Masalah

Dalam meningkatkan produktivitas padi, maka pemerintah merekomendasikan pemberian pupuk perlu disesuaikan dengan kebutuhan hara bagi tanaman, cadangan hara yang ada di dalam tanah, dan target yang dihasilkan harus realistis. Kebutuhan hara tanaman bermacam-macam tergantung lokasi yang dinamis dan ditentukan oleh beberapa faktor genetik dan lingkungan. Dalam kaitan ini, maka pemerintah melalui Permentan No.40/Permentan/OT. 140/4/2007 merekomendasikan Bagan Warna Daun (BWD) untuk digunakan dalam menentukan takaran pupuk nitrogen pada tanaman padi sehingga pemupukan lebih efisien dan produksi optimal (Permentan, 2007).

Dalam implementasinya, dapat diketahui bahwa penggunaan BWD dinilai masih memiliki keterbatasan, yaitu petani membandingkan warna daun tanaman padi secara visual tanpa alat bantu dan hanya dilakukan oleh orang yang sama yang dilakukan dengan cara membandingkan warna daun tanaman dengan masing-masing level warna yang terdapat pada BWD. Cara membandingkan warna yang hanya dilakukan dengan mata tanpa alat bantu dapat mengakibatkan para petani mengalami kesulitan untuk menentukan takaran pupuk sesuai dengan kebutuhan hara tanaman padi. Di samping itu, membandingkan level warna pada intensitas cahaya yang berbeda-beda dapat mempengaruhi hasil yang diperoleh, sehingga takaran pupuk yang diberikan tidak sesuai dengan kebutuhan hara bagi tanaman padi. Pemberian takaran pupuk secara tidak tepat dapat berdampak negatif pada menurunnya produksi dan produktivitas tanaman padi. Proses identifikasi secara cepat dan akurat merupakan kunci utama dalam penentuan takaran pupuk sebagai hara bagi tanaman padi. Untuk itu, penelitian ini dilaksanakan untuk merancang sistem guna mengidentifikasi takaran pupuk nitrogen berdasarkan tingkat hijaunya daun padi dengan metode *Histogram of s-RGB* dan *Fuzzy Logic*. Adanya sistem identifikasi ini diharapkan dapat meringankan para petani dalam menggunakan pupuk secara proporsional sehingga meningkatkan produktivitas hasil panen.

3.2 Konsep Solusi

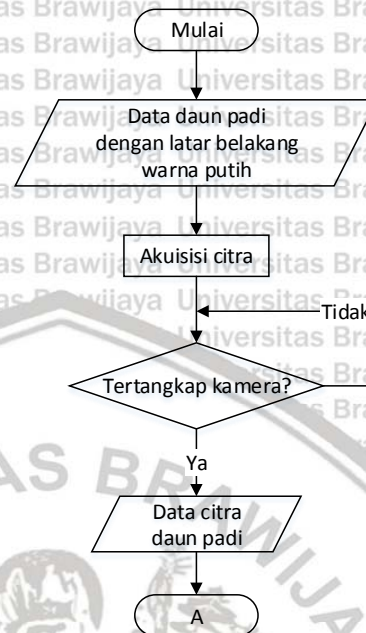
Dalam penelitian ini, cara identifikasi takaran pupuk pada tanaman padi dilakukan sesuai tingkat hijaunya daun padi lewat pengolahan citra digital dengan metode *Histogram of s-RGB* dan *Fuzzy Logic* seperti tertera pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Konsep Solusi

1. Proses akuisisi citra

Akuisisi citra perlu dilakukan untuk memperoleh data citra daun tanaman padi pada setiap sampel yang dibutuhkan. *Flowchart* akuisisi citra daun tanaman padi terlihat khususnya pada Gambar 3.2 sebagai berikut.

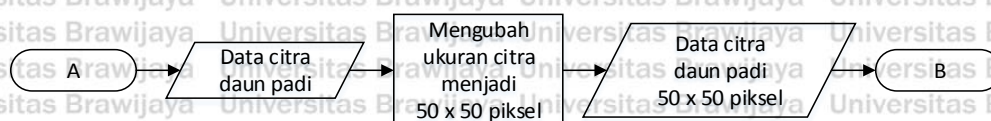


Gambar 3.2 *Flowchart* akuisisi citra

Tahap akuisisi citra pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kamera *handphone*. Agar mengurangi perbedaan jumlah cahaya yang jatuh pada suatu permukaan (*lux*) dan untuk memperoleh warna objek secara jelas, maka digunakan juga sebuah *constant lux box* sebagai suatu tempat untuk meletakkan objek daun padi saat proses akuisisi citra.

2. Preprocessing

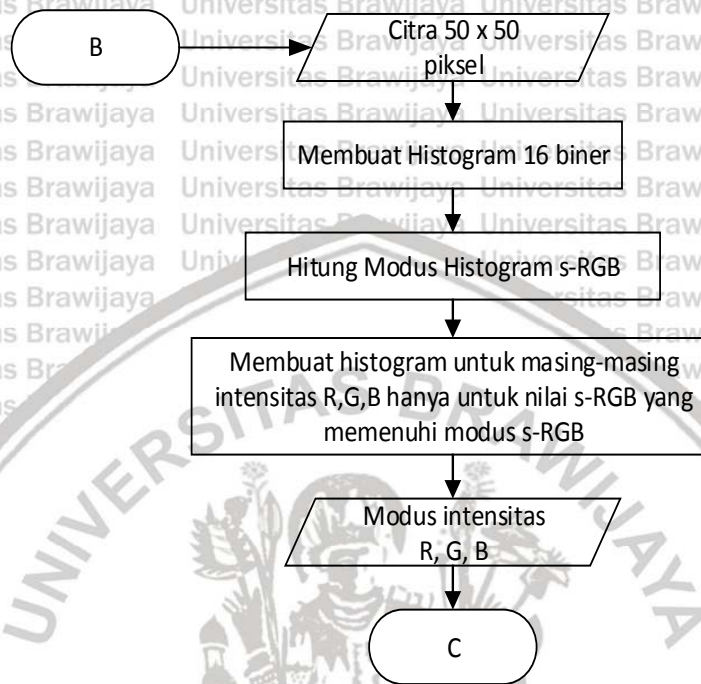
Preprocessing merupakan tahap pengolahan standarisasi yang bertujuan untuk menyamakan dimensi citra masukan pada daun tanaman padi yang bervariasi menjadi ukuran 50x50 piksel. Dimensi citra daun tersebut sebagai parameter warna daun untuk setiap sampel citra daun padi. *Flowchart Preprocessing* tertera pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Flowchart Preprocessing*

3. Ekstraksi ciri warna

Tahap ekstraksi ciri warna untuk mengekstrak informasi pada sebuah citra objek penelitian. Pada penelitian ini akan diekstrak ciri warna dari citra daun padi dengan metode *Histogram of s-RGB*. *Flowchart* ekstraksi ciri menggunakan metode *Histogram of s-RGB* terlihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut.



Gambar 3.4 *Flowchart* Ekstraksi Ciri dengan Metode *Histogram of s-RGB*

Langkah pertama pada metode *Histogram of s-RGB* adalah menghitung jumlah nilai intensitas *RGB* (*s-RGB*) pada setiap piksel. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan (3-1).

$$s\text{-}RGB(x, y) = I_R(x, y) + I_G(x, y) + I_B(x, y) \quad (3-1)$$

dimana *s-RGB* (x, y) adalah jumlah dari intensitas *RGB* pada piksel (x, y), $I_R(x, y)$, $I_G(x, y)$, dan $I_B(x, y)$ adalah merah, biru dan intensitas hijau pada setiap piksel (x, y). Jika 8 bit untuk kode intensitas warna, maka mendapatkan nilai *s-RGB* dari 0-765.

Selanjutnya menentukan modus determinan biner dengan persamaan (3-2).

$$\text{mod}_{s\text{-}RGB} = \arg \max_{bin} (\text{histogram of } s\text{-}RGB) \quad (3-2)$$

Setelah mendapatkan nilai modus, untuk setiap piksel yang memiliki nilai $s\text{-}RGB$ dalam bin modus akan diproses untuk membuat histogram dari intensitas untuk setiap intensitas RGB . Histogram ini menunjukkan frekuensi kemunculan intensitas warna. Untuk menentukan warna dominan dalam modus bin, yaitu dengan cara menghitung modus warna dari masing-masing histogram dari intensitas seperti persamaan berikut ini.

$$\text{mod}_{hist_R} = \arg \max_{I_R} (\text{histogram}_R) \quad (3-3)$$

$$\text{mod}_{hist_G} = \arg \max_{I_G} (\text{histogram}_G) \quad (3-4)$$

$$\text{mod}_{hist_B} = \arg \max_{I_B} (\text{histogram}_B) \quad (3-5)$$

Selanjutnya dominan warna (mod_{RGB}), dapat dihitung menggunakan persamaan (3-6).

$$\text{mod}_{RGB} = \max(\text{mod}_{hist_R}, \text{mod}_{hist_G}, \text{mod}_{hist_B}) \quad (3-6)$$

4. Klasifikasi

Tahap klasifikasi dalam pengolahan citra digital merupakan tahap pengelompokan piksel dalam suatu kelas khusus. Tahap klasifikasi Pada penelitian ini pada penelitian ini dengan memanfaatkan *Fuzzy Logic*. Data parameter yang dibutuhkan oleh logika *fuzzy* sebagai masukan adalah nilai modus intensitas RGB yang dihasilkan dari proses menggunakan metode *Histogram of s-RGB*. Adapun parameter yang dihasilkan melalui proses *Histogram of s-RGB*, yaitu nilai mod_{I_R} (*Red*), nilai mod_{I_G} (*Green*), dan nilai mod_{I_B} (*Blue*).

Model *fuzzy logic* yang digunakan adalah *fuzzy Sugeno*. Keluaran dari metode tersebut berupa konstanta atau persamaan linear. Proses defuzzifikasi dilakukan dengan menghitung rata-rata dari jumlah bobot yang sudah dikalikan dengan konstanta keluarannya. Konsep umum solusi pada model *fuzzy logic* dijelaskan sebagai berikut.

a. $I_R = \text{Red}$ (tinggi, sedang, dan rendah).

b. $I_G = \text{Green}$ (tinggi, sedang, dan rendah).

c. $I_B = \text{Blue}$ (tinggi, sedang, dan rendah).

d. $H = \text{Hasil klasifikasi fuzzy (BWD}_5, \text{BWD}_4, \text{BWD}_3 \text{ dan BWD}_2\text{)}$.

Flowchart tahap klasifikasi menggunakan *Fuzzy Logic* pada penelitian ini terlihat pada Gambar 3.5 sebagai berikut.



Gambar 3.5 *Flowchart* tahap klasifikasi menggunakan *Fuzzy Logic*

Variabel nilai modus intensitas R , G dan B ialah variabel yang diolah menggunakan *fuzzy logic* dan nilai *output* berupa *fuzzy* (H). Himpunan yang dibentuk dengan model *Fuzzy Sugeno*, yaitu variabel masukan dan keluaran dibagi ke dalam himpunan *fuzzy* satu atau lebih.

3.3 Hipotesis

Berdasarkan konsep solusi ini, maka hipotesis pada penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut.

1. *Constant lux box* yang dirancang sebagai tempat meletakkan objek daun padi pada tahap akuisisi citra dapat mengurangi pengaruh cahaya dari luar.
2. Sistem mampu mengekstraksi ciri warna citra daun padi dengan metode *Histogram of s-RGB*.
3. Sistem mampu mengklasifikasi citra daun padi berdasarkan level warna BWD menggunakan *Fuzzy Logic*.
4. Performa kinerja sistem mampu memberikan hasil yang maksimal untuk dapat mengidentifikasi citra daun sesuai dengan tingkat kehijauan daun tanaman padi dengan metode *Histogram of s-RGB* dan *Fuzzy Logic* berbasis android dan dapat memberikan rekomendasi takaran pupuk secara cepat dan akurat bagi para petani sesuai level warna yang tertera pada BWD.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat

Penelitian tentang identifikasi pemberian pupuk nitrogen berdasarkan tingkat kehijauan daun pada padi dengan metode *Histogram of s-RGB* dan *Fuzzy Logic* ini dilaksanakan di Universitas Brawijaya Malang tahun 2018.

4.2 Alat dan Bahan

Perencanaan kebutuhan bahan dan alat berkaitan dengan perangkat lunak dan perangkat keras untuk mengembangkan sistem ini. Perangkat lunak disesuaikan dengan keperluan dalam penelitian, sedangkan perangkat keras berupa seperangkat komputer berdasarkan spesifikasi yang dibutuhkan.

1. Perangkat keras yang diperlukan

Spesifikasi perangkat keras yang diperlukan, meliputi :

- a. Satu komputer (laptop) berspesifikasi *Intel (R)* dengan *CPU Core (TM)2 Duo*, *RAM 4096 MB*, dan 1 unit printer.
- b. Dua buah *smartphone* yang dilengkapi dengan kabel data. Spesifikasi *smartphone* yang digunakan, yaitu :
 - 1) *Smartphone 1 : CPU 1,2 GHz Quad Core*, Sistem Operasi *Lollipop 5.1.1*, *RAM 1,5 GB*, *8 MP Camera*.
 - 2) *Smartphone 2 : CPU 1,2 GHz Quad Core*, Sistem Operasi *KitKat 4.2.2*, *RAM 1 GB*, *5 MP Camera*.
- c. Sebuah alat *lux* meter sebagai pengukur *lux* cahaya.
- d. Alat uji citra dengan intensitas cahaya konstan (*constant lux box*).

2. Perangkat lunak yang diperlukan

Perangkat lunak yang diperlukan untuk penelitian, meliputi :

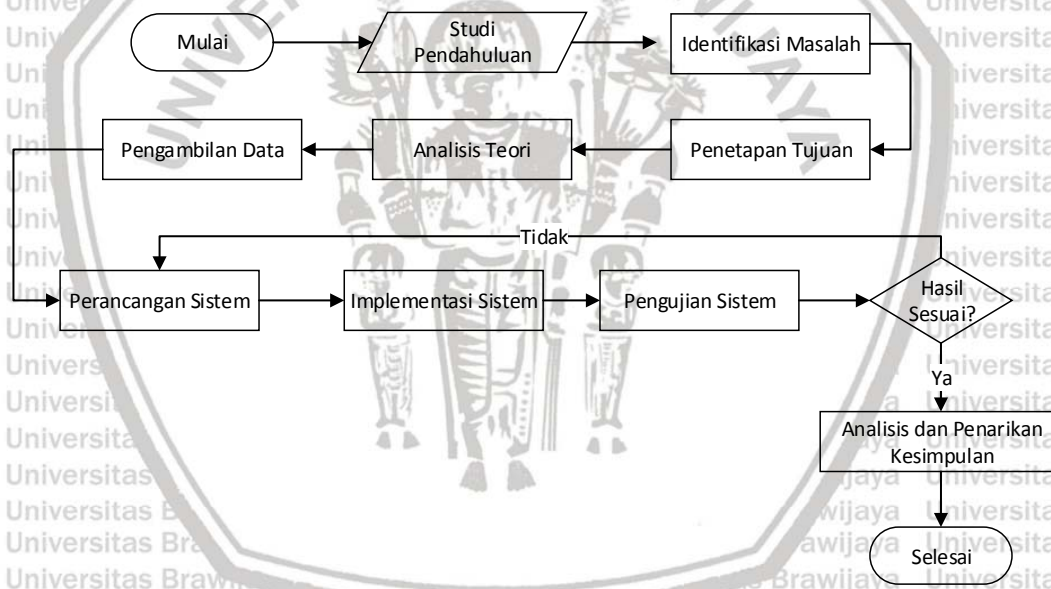
- Microsoft Windows 7 64 bit* sebagai sistem operasi.
- Android Studio* dimanfaatkan untuk membangun program.
- Microsoft Visio 2013* dimanfaatkan untuk membangun *flowchart* sistem.

3. Kebutuhan bahan

Bahan yang dibutuhkan, yaitu sebuah Bagan Warna Daun (BWD) yang telah dilengkapi dengan data takaran pupuk nitrogen untuk tanaman padi.

4.3 Tahap Penelitian

Tahap penelitian mengenai identifikasi pemberian pupuk nitrogen yang sesuai dengan tingkat kehijauan daun pada padi dengan metode *Histogram of s-RGB* dan *Fuzzy Logic* yang dipresentasikan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Tahap Penelitian

4.3.1 Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan bertujuan memperoleh informasi tentang berbagai penelitian sebelumnya termasuk segala kelebihan dan kekurangannya. Studi pendahuluan dilakukan melalui studi literatur lewat internet dan perpustakaan, konsultasi dosen dan berbagai pihak yang memiliki ide cemerlang, pengalaman, dan pengetahuan.

4.3.2 Identifikasi Masalah

Yang dilakukan pada tahap ini berupa mengkaji permasalahan yang dibutuhkan dalam mengolah sistem, menentukan hal-hal penting sebagai dasar penyelesaian permasalahan dalam perancangan sistem pemberian pupuk sesuai dengan tingkat kehijauan daun pada padi dengan algoritma *Histogram of s-RGB* dan *Fuzzy Logic*.

4.3.3 Tujuan yang Ditetapkan

Tujuan yang ditetapkan merupakan hasil akhir yang diharapkan pada penelitian ini. Tujuan penelitian harus ditentukan sehingga proses penelitian ini tidak dapat berubah dari tujuan awal sehingga memperoleh hasil yang baik. Tujuan dibagi ke dalam sub-sub tujuan. Tujuan berguna agar mampu mengarahkan dan mengukur kesuksesan penelitian. Tujuan dapat menentukan dasar teori yang diperlukan. Hasil dan kesimpulan akhir perlu disesuaikan terhadap tujuan yang telah dibuat.

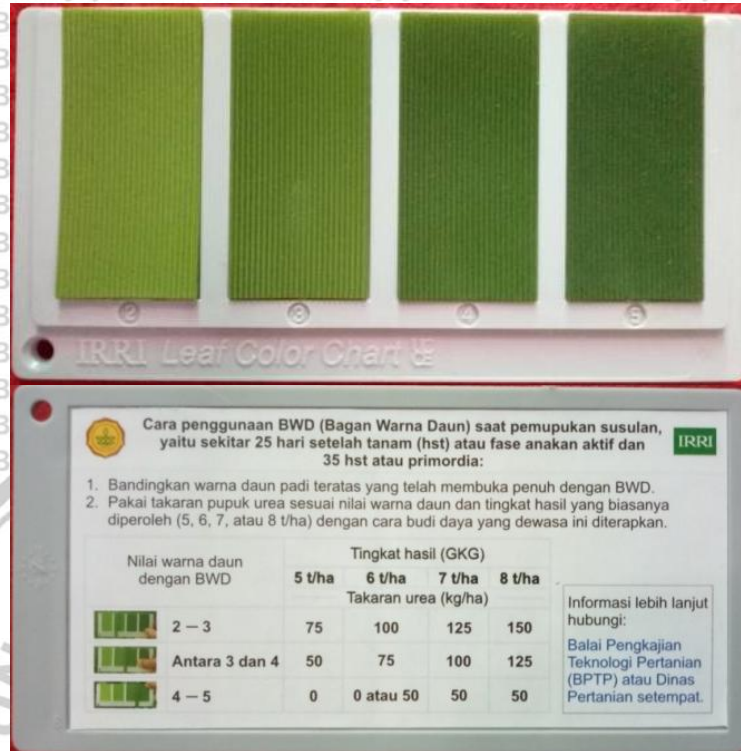
4.3.4 Analisis Teori

Analisis teori dilaksanakan dengan cara menampung dan mempelajari literatur, artikel dan buku yang didapatkan dari perpustakaan dan internet tentang algoritma *Histogram of s-RGB* dan *Fuzzy Logic* serta materi-materi lain yang dibutuhkan dalam penelitian. Studi literatur diperlukan untuk memperoleh dasar teori yang berkaitan tentang cara penggunaan Bagan Warna Daun dalam penentuan takaran pupuk.

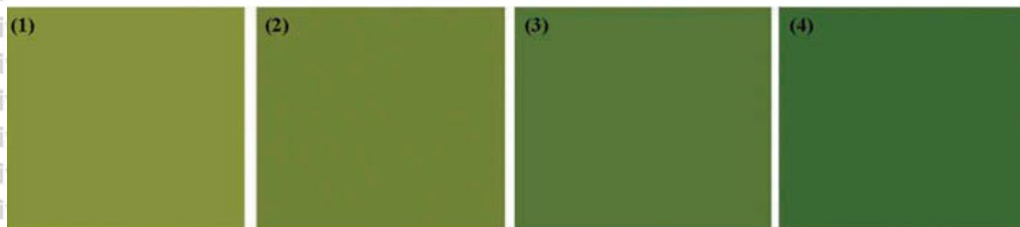
4.3.5 Pengambilan Data

Proses pengambilan data dilakukan berdasarkan data dari Bagan Warna Daun (BWD) yang diadopsi oleh *International Rice Research Institute (IRRI)* dan direkomendasikan penggunaannya oleh pemerintah melalui Permentan No.40/Permentan/OT.140/4/2007 mengenai pemanfaatan Bagan Warna Daun (BWD) sehingga pemupukan lebih efisien dan produktivitas lebih baik yang diakses dari www.knowledgebank.irri.org dan www.pertanian.go.id serta penelitian yang dilakukan oleh Robertson, dkk (2015), tentang penggunaan Bagan Warna Daun (BWD) sederhana untuk memprediksi daun dan kandungan *kanopi* klorofil pada tanaman jagung.

Gambar 4.2 memperlihatkan BWD yang direkomendasikan penggunaannya bagi para petani.



Gambar 4.2 Bagan Warna Daun (BWD)



Sumber : Robertson, dkk (2015)

(1) RGB :130/144/30 (2) R/G/B : 105/130/30 (3) R/G/B : 75/115/30 (4) R/G/B : 50/100/30
(Diukur menggunakan *Konika Minolta Chlorophyll SPAD-502*)

Proses pengambilan data sampel dilakukan secara manual (visual) sesuai rekomendasi Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Republik Indonesia yang diakses dari www.pangan.litbang.pertanian.go.id.

A. Cara Penggunaan

Adapun cara penggunaan Bagan Warna Daun (BWD) yang direkomendasikan pemerintah dalam Peraturan Menteri Pertanian (Permentan, 2007) ialah sebagai berikut.

1. Memilih 10 rumpun tanaman sehat yang dilakukan secara acak pada lahan yang sama, lalu memilih daun yang sudah terbuka secara penuh.
2. Meletakkan daun pada permukaan BWD dan membandingkan warna daun padi terhadap warna BWD. Apabila warna daun berada pada 2 skala, maka nilainya perlu dirata-ratakan, misalnya 2,5 untuk warna antara 2 dan 3.
3. Saat membandingkan warna pada daun terhadap BWD, daun padi jangan terkena pantulan sinar matahari, karena berpengaruh pada hasil yang diperoleh.
4. Memilih waktu pembacaan daun saat siang atau pagi hari. Perlu dihindari untuk melakukan kegiatan ini di tengah panas matahari.
5. Melakukan pengukuran oleh satu orang pada waktu dan hari yang sama.
6. Apabila terdapat lebih dari 10 daun berada rendah dari skala 4, maka perlu dipupuk dengan nitrogen susulan sesuai tingkat hasil yang diperlukan.

B. Waktu Penggunaan BWD

Menurut ketentuan waktu, maka pertumbuhan tanaman sekitar 25 hari setelah tanam (HST) atau fase anakan aktif dan 35 hari setelah tanam (HST) atau primordia.

Untuk itu, maka perlu dilaksanakan 2 kali untuk mengukur warna daun padi terhadap BWD sebab tidak usah menggunakan BWD saat pemupukan pertama.

Data latih merupakan data citra level BWD sejumlah 40 data citra latih yang terbagi dalam 4 level BWD, sehingga masing-masing level terdiri dari 10 data citra latih.

Sedangkan data uji merupakan data citra daun padi sejumlah 80 data citra uji atau citra masukan. Oleh karena pengujian dilakukan pada dua buah *smartphone* dengan resolusi kamera yang berbeda, maka data citra hasil yang diperoleh sejumlah 160 data citra.

4.3.6 Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem merepresentasikan tentang analisis kebutuhan sistem berdasarkan permasalahan dan perkiraan solusi yang akan ditetapkan. Perancangan sistem perlu dilakukan agar proses implementasi dapat berjalan terarah dan benar. Blok diagram sistem pada penelitian ini digambarkan sebagaimana tertera pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Blok Diagram Sistem Identifikasi Pemberian Takaran Pupuk Nitrogen

Alur proses system dimulai dengan mengambil citra daun (Akuisisi citra daun) tanaman padi menggunakan kamera *smartphone* yang telah disiapkan. Selanjutnya citra daun yang bervariasi tersebut akan disamakan dimensi citra masukannya pada tahap *preprocessing* menjadi ukuran 50x50 piksel.

Kemudian pada tahap ekstraksi ciri akan diolah atau dianalisis menggunakan metode *Histogram of s-RGB*. Pengolahan citra daun padi dengan menggunakan algoritma *Histogram of s-RGB* yang menghasilkan *output* berupa modulus *histogram R (Red)*, *G (Green)*, dan *histogram B (Blue)*. Selanjutnya *output* yang dihasilkan diolah menggunakan *Fuzzy Logic* pada tahap klasifikasi untuk dapat menentukan keputusan mengenai takaran pupuk yang direkomendasikan.

1. Proses Akuisisi Citra

Proses ini merupakan salah satu cara pengambilan citra daun tanaman padi secara manual. Tipe file adalah *JPEG (Joint Photographic Expert in Group)*.

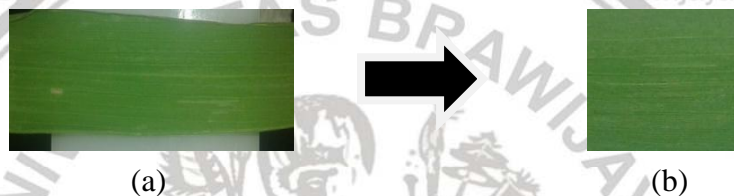
Data citra uji yang digunakan sejumlah 80 citra untuk pengujian. Pengujian dilakukan pada 2 jenis *smartphone* dengan kapasitas kamera berbeda, yaitu *smartphone* 8 MP dan *smartphone* 5 MP. Proses pengambilan citra daun padi oleh sistem dilakukan di dalam sebuah *constant lux box* sebagai studio mini dengan pencahayaan konstan saat akuisisi citra daun padi. Proses akuisisi citra pada *constant lux box* tertera di Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Constant Lux Box

2. Preprocessing

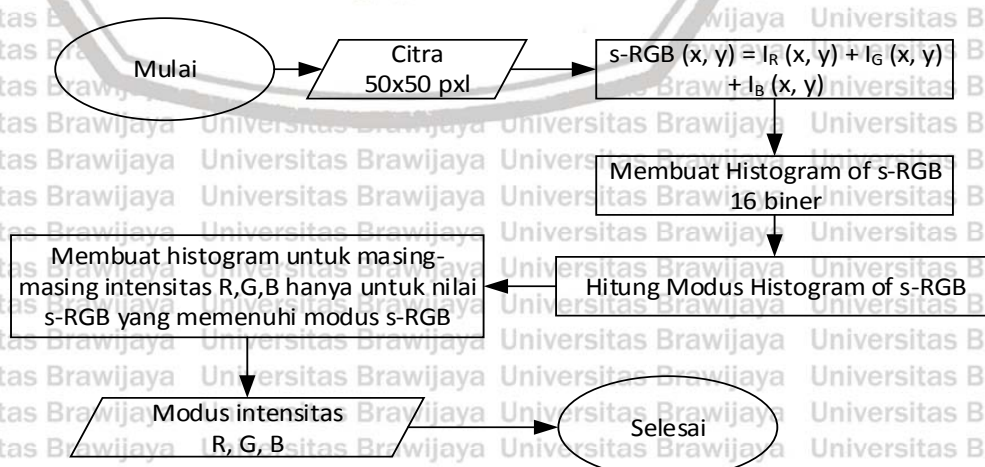
Tahap selanjutnya adalah proses *cropping* dan *resizing* citra daun padi yang merupakan tahap *preprocessing*. Tujuannya adalah untuk memperoleh wilayah citra daun dengan ukuran 50x50 piksel. Wilayah citra daun tersebut sebagai parameter warna daun untuk masing-masing sampel citra daun padi (Gambar 4.5).



Gambar 4.5 (a) Citra asli (b) Hasil *cropping* dan *resizing* ukuran 50x50 piksel

3. Ekstraksi ciri warna

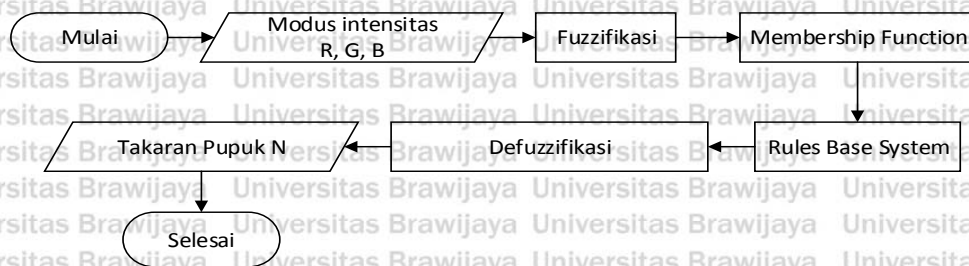
Tahap ekstraksi ciri warna daun padi pada penelitian ini akan dianalisis menggunakan algoritma *Histogram of s-RGB*. Algoritma menggunakan persamaan (2-1) sampai (2-6). Sedangkan, *flowchart* algoritma *Histogram of s-RGB* tertera pada Gambar 4.6 sebagai berikut.



Gambar 4.6 Flowchart Algoritma *Histogram of s-RGB*

4. Klasifikasi

Tahap klasifikasi pada penelitian ini menggunakan *Fuzzy Logic*. Flowchart analisis *Fuzzy Logic* tertera pada Gambar 4.7 sebagai berikut.



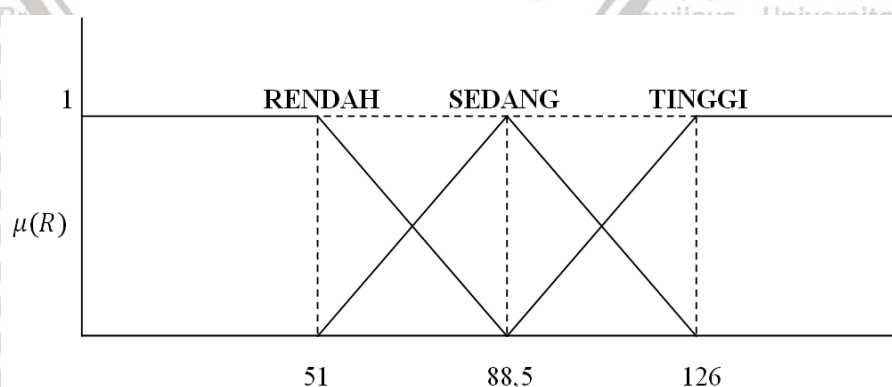
Gambar 4.7 Flowchart Fuzzy Logic

a. Fuzzifikasi dan Fungsi Keanggotaan

Fuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah nilai tegas ke bentuk fungsi keanggotaan berupa kurva untuk diperlihatkan pemetaan semua titik masukan data pada derajat keanggotaan dan memiliki interval di antara nilai 0 sampai pada nilai 1. Satu cara memperoleh nilai keanggotaan ialah pendekatan fungsi (Rosnelly, 2012). Pada fungsi keanggotaan modus *hist-R*, *hist-G*, dan *hist-B* nilai keanggotaan masing-masing grafik direpresentasikan dalam bentuk kurva bahu dan kurva segitiga. Manfaat representasi ini ialah jika terdapat perubahan nilai pada parameter maka tidak mengubah bentuk pada fungsi keanggotaan yang ditampilkan pada fungsi.

1) Fungsi Keanggotaan *Histogram Red (R)*

Proses menentukan *range* himpunan rendah, sedang, dan tinggi dengan cara menghitung nilai rata-rata *RGB (Min-Max)* citra latih (citra warna BWD).



Gambar 4.8 Fungsi keanggotaan Red (R)

Berdasarkan Gambar 4.8, maka domain yang dimiliki himpunan *fuzzy* RENDAH [0 88,5], dan derajat keanggotaan RENDAH tertinggi (=1) berada pada nilai ≤ 51 . Jika nilai *hist-R* lebih dari 51, maka nilai *hist-R* ini semakin dekat dengan daerah SEDANG. Fungsi keanggotaan himpunan RENDAH seperti dalam Persamaan 4-1.

$$\mu_{\text{rendah}}(R) = \begin{cases} 0; & R \geq 88,5 \\ (88,5 - R)/(88,5 - 51); & 51 < R < 88,5 \\ 1; & R \leq 51 \end{cases} \quad (4-1)$$

Domain yang dimiliki himpunan *fuzzy* SEDANG ialah [51 126], dan derajat keanggotaan SEDANG tertinggi (=1) berada pada nilai 88,5. Jika nilai *hist-R* makin kurang dari 88,5; maka nilai *hist-R* sudah makin bergerak ke arah wilayah RENDAH. Namun, bila nilai *hist-R* makin lebih dari 88,5; maka semakin bergeser mendekati daerah TINGGI.

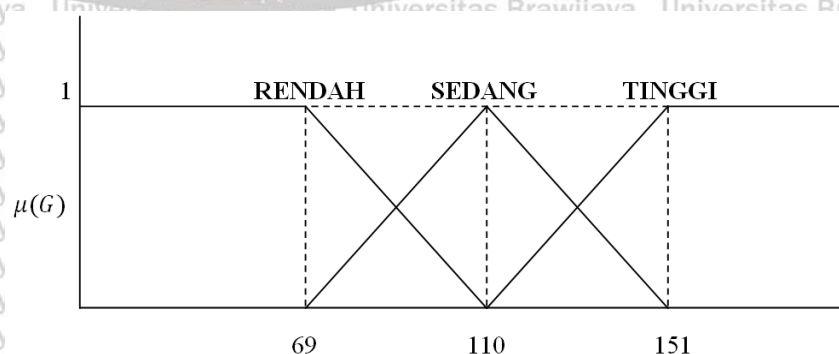
Himpunan *fuzzy* SEDANG biasanya ditampilkan dengan kurva segitiga. Sementara fungsi keanggotaannya seperti terlihat pada Persamaan 4-2.

$$\mu_{\text{sedang}}(R) = \begin{cases} 0; & R \leq 51 \text{ atau } R \geq 126 \\ (R - 51)/(88,5 - 51); & 51 < R < 88,5 \\ (126 - R)/(126 - 88,5); & 88,5 < R < 126 \end{cases} \quad (4-2)$$

Domain yang dimiliki himpunan *fuzzy* TINGGI [88,5 255] sementara derajat keanggotaan TINGGI tertinggi (=1) berada pada nilai ≥ 126 . Jika nilai *hist-R* semakin kecil dari nilai 126, maka nilai *hist-R* sudah bergeser mendekati wilayah SEDANG. Fungsi keanggotaan pada himpunan TINGGI seperti terlihat dalam Persamaan 4-3.

$$\mu_{\text{tinggi}}(R) = \begin{cases} 0; & R \leq 88,5 \\ (R - 88,5)/(126 - 88,5); & 88,5 < R < 126 \\ 1; & R \geq 126 \end{cases} \quad (4-3)$$

2) Fungsi Keanggotaan *Histogram Green* (G)



Gambar 4.9 Fungsi keanggotaan *Green* (G)

Berdasarkan Gambar 4.9, domain yang dimiliki himpunan *fuzzy* RENDAH ialah [0 110], sedangkan derajat keanggotaan RENDAH tertinggi (=1) berada pada nilai ≤ 69 . Jika nilai *hist-G* semakin bergeser lebih dari 110, maka nilai *hist-G* makin mendekati daerah SEDANG. Fungsi keanggotaan pada himpunan RENDAH seperti dalam Persamaan 4-4.

$$\mu_{\text{rendah}}(G) = \begin{cases} 0; & G \geq 110 \\ (110 - G)/(110 - 69); & 69 < G < 110 \\ 1; & G \leq 69 \end{cases} \quad (4-4)$$

Domain yang dimiliki himpunan *fuzzy* SEDANG ialah [69 151], sementara derajat keanggotaan SEDANG tertinggi (=1) berada pada nilai 110. Jika nilai *hist-G* semakin berkurang dari nilai 110, maka bergeser mendekati daerah RENDAH. Namun, jika nilai *hist-G* makin lebih dari nilai 110, maka nilai *hist-G* bergeser mendekati daerah TINGGI.

Fungsi keanggotaan pada himpunan SEDANG seperti terlihat dalam Persamaan 4-5.

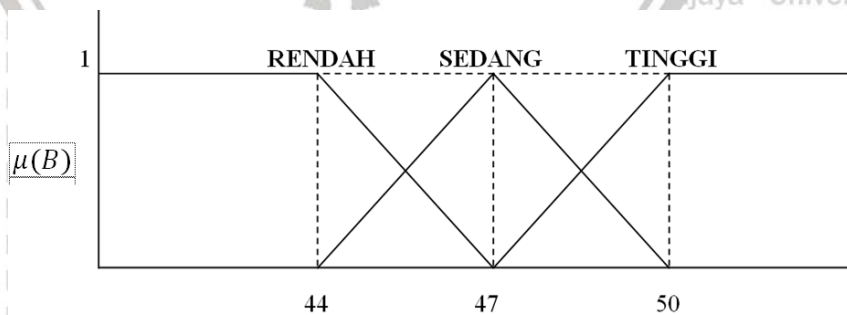
$$\mu_{\text{sedang}}(G) = \begin{cases} 0; & G \leq 69 \text{ atau } G \geq 151 \\ (G - 69)/(110 - 69); & 69 < G < 110 \\ (151 - G)/(151 - 110); & 110 < G < 151 \end{cases} \quad (4-5)$$

Domain yang dimiliki himpunan *fuzzy* TINGGI yaitu [110 255] sementara derajat keanggotaan TINGGI tertinggi (=1) berada pada nilai ≥ 151 . Jika nilai *hist-G* makin kurang dari nilai 151, maka nilai *hist-G* sudah bergeser mendekati daerah SEDANG.

Fungsi keanggotaan pada himpunan TINGGI seperti terlihat dalam Persamaan 4-6.

$$\mu_{\text{tinggi}}(G) = \begin{cases} 0; & \\ (G - 110)/(151 - 110); & \\ 1; & \end{cases} \quad (4-6)$$

3) Fungsi Keanggotaan Histogram Blue (B)



Gambar 4.10 Fungsi keanggotaan Blue (B)

Berdasarkan Gambar 4.10, Domain pada himpunan *fuzzy* RENDAH yaitu [0 47], sementara derajat keanggotaan RENDAH tertinggi (=1) berada pada nilai ≤ 44 . Jika nilai *hist-B* makin lebih dari nilai 44, maka nilai *hist-B* bergeser mendekati wilayah SEDANG. Fungsi keanggotaan pada himpunan RENDAH seperti Persamaan 4-7.

$$\mu_{\text{rendah}}(B) = \begin{cases} 0; & B \geq 47 \\ (47 - B)/(47 - 44); & 44 < B < 47 \\ 1; & B \leq 44 \end{cases} \quad (4-7)$$

Domain pada himpunan *fuzzy* SEDANG yaitu [44 50], sedangkan derajat keanggotaan SEDANG tertinggi (=1) pada nilai 47. Jika nilai *hist-B* makin kurang dari nilai 47, maka nilai *hist-B* bergeser mendekati wilayah RENDAH. Jika makin lebih dari nilai 47, maka nilai *hist-B* bergeser mendekati daerah TINGGI.

Himpunan *fuzzy* SEDANG ditampilkan dalam bentuk kurva segitiga. Fungsi keanggotaan pada himpunan SEDANG seperti terlihat dalam Persamaan 4-8.

$$\mu_{\text{sedang}}(B) = \begin{cases} 0; & B \leq 44 \text{ atau } B \geq 50 \\ (B - 44)/(47 - 44); & 44 < B < 47 \\ (50 - B)/(50 - 47); & 47 < B < 50 \end{cases} \quad (4-8)$$

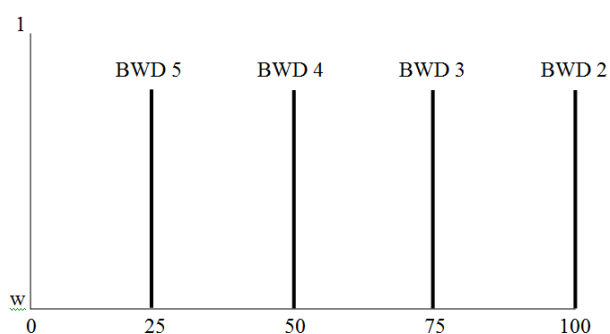
Domain pada himpunan *fuzzy* TINGGI ialah [47 255] sementara derajat keanggotaan TINGGI tertinggi (=1) pada nilai ≥ 50 . Jika nilai *hist-B* makin kurang dari nilai 50, maka nilai *hist-B* bergeser mendekati daerah SEDANG. Fungsi keanggotaan pada himpunan TINGGI seperti terlihat dalam Persamaan 4-9.

$$\mu_{\text{tinggi}}(B) = \begin{cases} 0; & B \leq 47 \\ (B - 47)/(50 - 47); & 47 < B < 50 \\ 1; & B \geq 50 \end{cases} \quad (4-9)$$

b. Perancangan Rule Base System

Sebelum membuat aturan-aturan *fuzzy*, maka perlu ditentukan nilai *fuzzy output* (H) terlebih dahulu. *Fuzzy output* disajikan dalam bentuk diagram pada Gambar 4.11. Penelitian Girona (2013), mengemukakan bahwa diagram *output fuzzy Sugeno* nilainya ditentukan manual dimana rentang nilai 0 sampai 100. Agregasi pada *Fuzzy Sugeno* berupa singleton-singleton.

Pada kasus *Fuzzy Sugeno* orde-nol, *output* setiap aturan *fuzzy* adalah konstanta dan semua fungsi keanggotaan konsekuen dinyatakan dengan singleton spikes.



Gambar 4.11 Fuzzy Output (H)

Selanjutnya adalah membentuk aturan *fuzzy*. Aturan-aturan *fuzzy* didapatkan dari 3 parameter menggunakan 3 variabel. Fungsi implikasi adalah fungsi AND (fungsi *MIN*).

Berdasarkan pakar dari hasil perhitungan dan percobaan, maka diperoleh kombinasi aturan *fuzzy* sejumlah 27 aturan dan tertera di Tabel 4.1.

Tabel 4.1 *Rule Base System*

IF	Histogram R	Histogram G	Histogram B	Fuzzy output (H)
R1	RENDAH	RENDAH	RENDAH	BWD 5
R2	RENDAH	RENDAH	SEDANG	BWD 5
R3	RENDAH	RENDAH	TINGGI	BWD 5
R4	RENDAH	SEDANG	RENDAH	BWD 5
R5	RENDAH	SEDANG	SEDANG	BWD 5
R6	RENDAH	TINGGI	RENDAH	BWD 5
R7	SEDANG	RENDAH	RENDAH	BWD 5
R8	SEDANG	RENDAH	SEDANG	BWD 5
R9	SEDANG	SEDANG	RENDAH	BWD 5
R10	TINGGI	RENDAH	RENDAH	BWD 5
R11	RENDAH	SEDANG	TINGGI	BWD 4
R12	RENDAH	TINGGI	SEDANG	BWD 4
R13	SEDANG	RENDAH	TINGGI	BWD 4
R14	SEDANG	SEDANG	SEDANG	BWD 4
R15	SEDANG	TINGGI	RENDAH	BWD 4
R16	TINGGI	RENDAH	SEDANG	BWD 4
R17	TINGGI	SEDANG	RENDAH	BWD 4
R18	RENDAH	TINGGI	TINGGI	BWD 3
R19	SEDANG	SEDANG	TINGGI	BWD 3
R20	SEDANG	TINGGI	SEDANG	BWD 3
R21	TINGGI	RENDAH	TINGGI	BWD 3
R22	TINGGI	SEDANG	SEDANG	BWD 3
R23	TINGGI	TINGGI	RENDAH	BWD 3
R24	SEDANG	TINGGI	TINGGI	BWD 2
R25	TINGGI	SEDANG	TINGGI	BWD 2
R26	TINGGI	TINGGI	SEDANG	BWD 2
R27	TINGGI	TINGGI	TINGGI	BWD 2

Pada Tabel 4.1, Evaluasi aturan akan dicatat segala kemungkinan dari kombinasi tiga parameter. Langkah lebih lanjut akan dicari nilai terkecil pada tiap parameter. Proses kombinasi dengan operator logika *Fuzzy* ‘AND’ sehingga *rule* yang dibaca ialah ‘IF nilai *hist-R* is A_1 AND nilai *hist-G* is A_2 AND nilai *hist-B* is A_3 , THEN hasil (H)’.

c. Defuzzifikasi

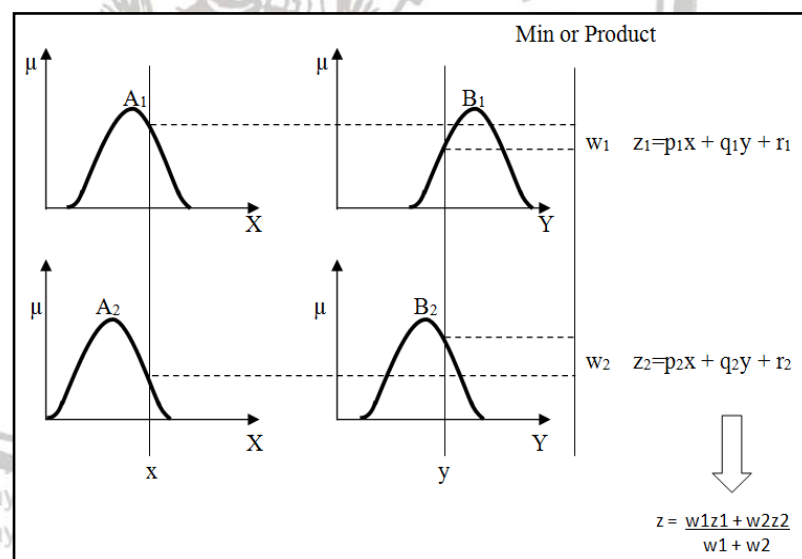
Setelah evaluasi terhadap aturan *fuzzy* maka dilanjutkan dengan pembuatan *final output* atau defuzzifikasi. Masukan tahap defuzzifikasi berupa himpunan bilangan *fuzzy* yang dihasilkan melalui aturan *fuzzy* yang telah dikomposisi. Pembuatan *final output* menggunakan *fuzzy Sugeno orde-nol* dengan keluaran berupa konstanta. Konstanta linear untuk logika *fuzzy sugeno orde-nol* digambarkan pada persamaan (4-10).

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_n \text{ THEN } Z \quad (4-10)$$

Identifikasi pupuk yang sesuai dengan warna daun padi di penelitian ini menggunakan tiga buah parameter, sehingga diperoleh persamaan 4-11.

$$If (R \ x_1 \text{ is } y_1) \text{ AND } (G \ x_1 \text{ is } y_1) \text{ AND } (B \ x_1 \text{ is } y_1) \text{ then } Z=k=H \quad (4-11)$$

Diagram *fuzzy output* untuk identifikasi takaran pupuk yang digunakan pada *fuzzy model sugeno orde-nol*, sedangkan proses *weighted average* untuk pengambilan keputusan (Defuzzifikasi). Contoh proses pengambilan keputusan *fuzzy model sugeno* dengan proses *weighted average* dengan 3 variabel tertera pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Defuzifikasi Weighted Average Model Fuzzy Sugeno
Sumber : Ross (2010)

d. Perhitungan Fuzzy

Contoh. : Diketahui nilai intensitas *RGB* yang diperoleh dari hasil proses *s-RGB* adalah nilai $R = 116$, nilai $G = 140$, dan nilai $B = 49$. Perlu dicari nilai derajat keanggotaan pada setiap variabel sebelum melakukan inferensi.

1) Nilai R (116)

Nilai $R = 116$ terletak pada daerah rendah dan sedang, maka akan dihitung dengan Persamaan 4.7 dan Persamaan 4.8.

$$\text{Sedang} : (126 - 116) / (126 - 88,5) = 0,27$$

$$\text{Tinggi} : (116 - 88,5) / (126 - 88,5) = 0,73$$

2) Nilai G (140)

Nilai $G = 140$ terletak pada wilayah rendah dan tinggi, sehingga dihitung menggunakan Persamaan 4.11 dan Persamaan 4.12.

$$\text{Sedang} : (151 - 140) / (151 - 110) = 0,27$$

$$\text{Tinggi} : (140 - 110) / (151 - 110) = 0,73$$

3) Nilai B (49)

Nilai $B = 49$ terletak pada daerah rendah dan tinggi, sehingga perlu dihitung dengan Persamaan 4.13.

$$\text{Sedang} : (50 - 49) / (50 - 47) = 0,33$$

$$\text{Tinggi} : (49 - 47) / (50 - 47) = 0,67$$

Selanjutnya masuk pada tahapan aturan *fuzzy* yang telah dibuat. Aturan *fuzzy* tersebut perlu diproses dan dicari yang tepat dan sesuai derajat keanggotaan. Aturan *fuzzy* secara tersaji lengkap pada Tabel 4.2.

R14. IF Nilai R (SEDANG) AND Nilai G (SEDANG) AND Nilai B (SEDANG) maka BWD_4

$$\alpha_{\text{predikat}_1} = \text{MIN} (0,27; 0,27; 0,33) \\ = 0,27$$

$$Z_1 = BWD_4 = 50$$

R19. IF Nilai R (SEDANG) AND Nilai G (SEDANG) AND Nilai B (TINGGI) maka BWD_3

$$\alpha \text{ predikat}_2 = \text{MIN} (0,27; 0,27; 0,67)$$

$$= 0,27$$

$$Z_2 = BWD_3 = 75$$

R20. IF Nilai R (SEDANG) AND Nilai G (TINGGI) AND Nilai B (SEDANG) maka BWD_3

$$\alpha \text{ predikat}_3 = \text{MIN} (0,27; 0,73; 0,33)$$

$$= 0,27$$

$$Z_3 = BWD_3 = 75$$

R24. IF Nilai R (SEDANG) AND Nilai G (TINGGI) AND Nilai B (TINGGI) maka BWD_2

$$\alpha \text{ predikat}_4 = \text{MIN} (0,27; 0,73; 0,67)$$

$$= 0,27$$

$$Z_4 = BWD_2 = 100$$

Perhitungan *weighted average* digunakan untuk proses pengambilan keputusan (defuzzifikasi) pada *fuzzy Sugeno*, yaitu :

$$H = \frac{(\alpha \text{predikat}_1 \times Z_1) + (\alpha \text{predikat}_2 \times Z_2) + (\alpha \text{predikat}_3 \times Z_3) + (\alpha \text{predikat}_4 \times Z_4)}{\alpha \text{predikat}_1 + \alpha \text{predikat}_2 + \alpha \text{predikat}_3 + \alpha \text{predikat}_4}$$

$$= \frac{(0,27 \times 50) + (0,27 \times 75) + (0,27 \times 75) + (0,27 \times 100)}{0,27 + 0,27 + 0,27 + 0,27}$$

$$= \frac{13,5 + 20,25 + 20,25 + 27}{1,08}$$

$$= \frac{75}{1,08} = 75 \text{ (BWD}_3\text{)}$$

4.3.7 Pengujian dan Evaluasi Sistem

Untuk mengetahui performa sistem, maka perlu dilakukan pengujian untuk validasi dan evaluasi sistem. Validasi dan evaluasi sistem pada pengujian ini dilakukan dengan cara menghitung jarak terdekat antar objek data menggunakan metode *Euclidean Distance* yang selanjutnya dievaluasi menggunakan metode evaluasi *Evaluating Classifiers*, yaitu *Confusion Matrix for Multiple Classes* pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2. Tabel Validasi dan Evaluasi Sistem Menggunakan *Confusion Matrix for Multiple Classes*

		PREDIKSI			
		BWD ₂ (A)	BWD ₃ (B)	BWD ₄ (C)	BWD ₅ (D)
AKTUAL	BWD ₂ (A)	TP _A	E _{AB}	E _{AC}	E _{AD}
	BWD ₃ (B)	E _{BA}	TP _B	E _{BC}	E _{BD}
	BWD ₄ (C)	E _{CA}	E _{CB}	TP _C	E _{CD}
	BWD ₅ (D)	E _{DA}	E _{DB}	E _{DC}	TP _D

$$Precision = \frac{\sum_{i=1}^l TP_i}{\sum_{i=1}^l TP_i + FP_i} \times 100\% \quad (4-12)$$

$$Sensitivity (Recall) = \frac{\sum_{i=1}^l TP_i}{\sum_{i=1}^l TP_i + FN_i} \times 100\% \quad (4-13)$$

$$Specificity = \frac{\sum_{i=1}^l TN_i}{\sum_{i=1}^l TN_i + FP_i} \times 100\% \quad (4-14)$$

$$Overall Accuracy = \sum_{i=1}^l \frac{TP_i + TN_i}{TP_i + TN_i + FP_i + FN_i} \times 100\% \quad (4-15)$$

TP_i (*True Positive*), yaitu data positif yang deteksi secara benar oleh sistem;

TN_i (*True Negative*) ialah data negatif yang dideteksi secara benar oleh sistem;

FN_i (*False Negative*) yaitu data negatif tetapi dideteksi salah oleh sistem; FP_i (*False Positive*) yaitu data positif tetapi terdeteksi salah oleh sistem untuk kelas ke- i .

Precision adalah ketepatan sebuah instrumen untuk memperoleh hasil secara konsisten atas variabel input yang tetap yang artinya sistem ini telah memberikan informasi yang diminta secara tepat. Akurasi adalah suatu ukuran untuk mengetahui kedekatan pembacaan instrumen terhadap nilai sebenarnya (Santoso, 2017).

Sensitivity merupakan perbandingan antara tanggapan instrumen terhadap berubahnya suatu variabel masukan yang diukur untuk dapat menemukan kembali informasi yang diminta berupa hasil yang positif. *Sensitivity* yang tinggi disebabkan tingginya nilai positif sejati (*true-positive*) dan rendahnya nilai negatif palsu (*false-negative*). *Specificity* adalah kemampuan suatu sistem yang diuji untuk memberikan hasil negatif. Artinya apabila adanya peningkatan dalam positif-palsu (*false-positive*) akan menurunkan *specificity* pada sistem (Morton dkk, 2009).

4.3.8 Penarikan Kesimpulan dan Saran

Simpulan dan saran ialah tahap terakhir penelitian dan pengembangan. Tahap ini, perlu untuk disimpulkan tentang apa yang sudah dilaksanakan dan dicapai pada penelitian. Kesimpulan menjawab seluruh tujuan penelitian yang ditetapkan. Saran-saran perlu diberikan sebagai masukan bagi yang ingin mengembangkan metode yang dimanfaatkan pada penelitian ini.





BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

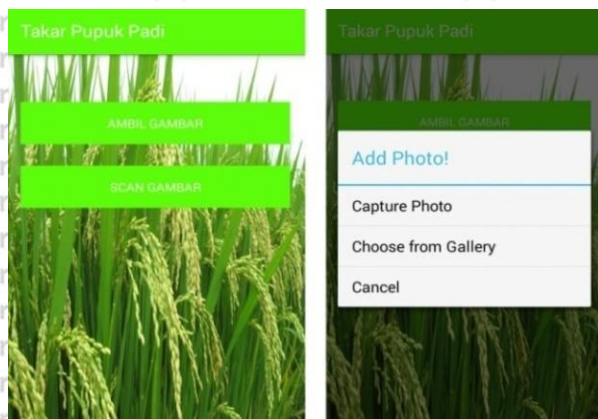
Pada bab ini akan menguraikan seluruh proses serta hasil pengujian dan pembahasan tentang rancangan sistem identifikasi pemberian pupuk nitrogen yang sesuai dengan tingkat hijaunnya daun pada padi dengan metode *Histogram of s-RGB* dan *Fuzzy Logic*.

5.1 Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil yang ditampilkan di bab ini berupa hasil *output* sistem dan dianalisis berdasarkan langkah-langkah pengolahan citra digital yang telah ditetapkan pada metodologi penelitian, yaitu tahap akuisisi citra, *preprocessing*, ekstraksi ciri warna, dan tahap klasifikasi serta validasi dan evaluasi sistem.

5.1.1 Hasil Akuisisi Citra

Akuisisi citra sebagai sebuah cara pengambilan citra secara langsung berformat *file JPEG (Joint Photographic Experts in Group)* menggunakan *smartphone* yang telah terinstal aplikasi Takaran Pupuk Padi. Data citra daun padi yang akan diolah pada tahap akuisisi citra ini perlu diletakkan di dalam *constant lux box* dengan latar belakang warna putih dengan pencahayaan konstan sebesar 124 *lux*. Besar pencahayaan diukur menggunakan *lux* meter sebagai salah satu alat pengukur intensitas cahaya. Tampilan *form input* aplikasi dan *constant lux box* tertera di Gambar 5.1 serta Gambar 5.2 di bawah ini.

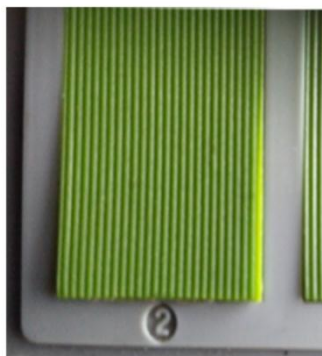


Gambar 5.1 Tampilan *Form Input* Aplikasi



Gambar 5.2 Akuisisi Citra dalam *Constant Lux Box*

Pada tampilan input aplikasi Takar Pupuk Padi ini ada dua menu utama, meliputi menu *Ambil Gambar* dan *Scan Gambar*. Setelah memilih tombol menu *Ambil Gambar* maka pengguna akan diarahkan pada dua pilihan, yaitu *Capture Photo* dan *Choose From Gallery*. Pengguna dapat memilih sesuai kebutuhan. Langkah berikutnya adalah memilih tombol menu *Scan Gambar* untuk menampilkan hasil. Tampilan *input* aplikasi ini dirancang secara sederhana tetapi tetap memberikan tampilan yang baik untuk memudahkan para pengguna dalam memahami penggunaan aplikasi. Sedangkan, *constant lux box* diharapkan dapat mengurangi perbedaan intensitas cahaya saat proses pengambilan citra daun. Proses pengambilan citra pada tahap ini menggunakan dua *smartphone* merk Samsung dengan kapasitas kamera 8 MP dan 5 MP. Contoh *output* yang dihasilkan dari proses akuisisi citra tertera pada Gambar 5.3 di bawah ini.



Citra BWD



Citra daun padi

Gambar 5.3 Hasil Akuisisi Citra Daun Padi

5.1.2 Hasil *Preprocessing*

Setelah proses akuisisi citra daun padi, maka tahap selanjutnya adalah *preprocessing*. Tahap *preprocessing* bertujuan untuk menyamakan dimensi citra masukan daun padi yang di-*cropp* dan di-*resize* menjadi ukuran 50x50 piksel.

Contoh hasil *preprocessing* citra daun padi tertera pada Gambar 5.4 berikut ini.



Citra BWD 50x50 pxl

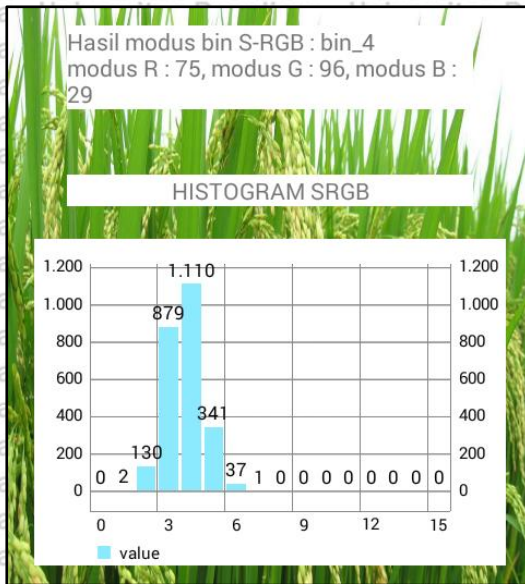
Citra daun padi 50x50 pxl

Gambar 5.4 Hasil *Preprocessing* Citra Daun Padi

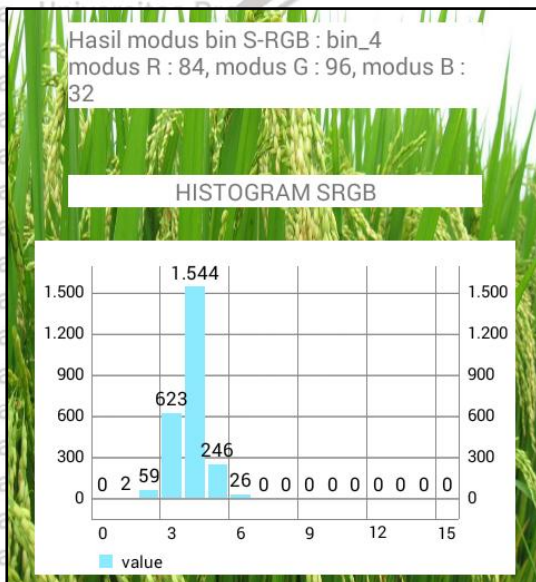
5.1.3 Hasil Ekstraksi Ciri Warna

Yang diekstrak pada tahap ekstraksi ciri adalah ciri warna dari citra daun padi dengan *Histogram of s-RGB*. Metode *Histogram of s-RGB* sebagai salah satu metode yang dapat menentukan warna dominan pada suatu obyek citra dengan menjumlahkan seluruh nilai piksel pada citra tersebut selanjutnya didistribusikan jumlah piksel tersebut ke dalam setiap bin sebanyak 16 bin untuk mendapatkan modus *s-RGB* pada setiap bin sekaligus menentukan mod_R , mod_G , dan mod_B pada bin yang memenuhi nilai modus *s-RGB* (Mudjirahardjo dkk, 2016).

Setelah dilakukan proses *preprocessing*, maka tahap selanjutnya adalah ekstraksi ciri citra daun padi dengan metode *Histogram of s-RGB*. Hasil ekstraksi ciri warna pada salah satu contoh data sampel untuk citra uji pertama (C_1) yang tertera pada Gambar 5.5 serta Gambar 5.6 di bawah ini.



Gambar 5.5 Tampilan *Histogram of s-RGB* pada *Smartphone 8 MP*



Gambar 5.6 Tampilan *Histogram of s-RGB* pada *Smartphone 5 MP*

Berdasarkan Gambar 5.5 serta Gambar 5.6, hasil pengujian sistem pada *smartphone 8 MP* diketahui menghasilkan nilai modus *s-RGB* terletak di bin (4 =1110), dengan nilai $mod_R = 75$, $mod_G = 96$, dan $mod_B = 29$. Sedangkan pada *smartphone 5 MP* terletak pada bin (4=1544), dengan nilai $mod_R = 84$, $mod_G = 96$, $mod_B = 32$. Berdasarkan Gambar 5.5 dan 5.6; diketahui bahwa distribusi citra cukup baik karena daerah derajat keabuan telah secara penuh terisi oleh histogram secara merata pada masing-masing nilai intensitas piksel.

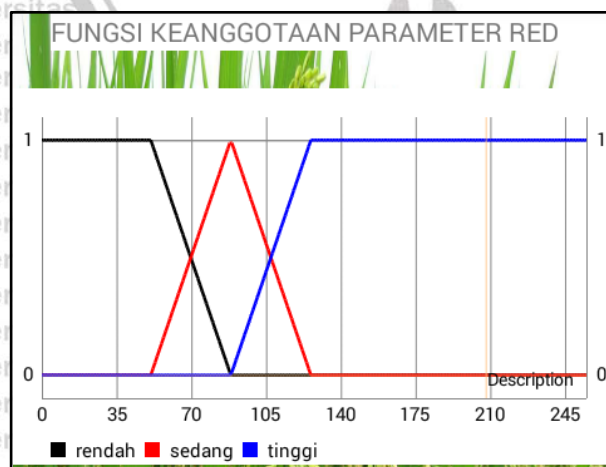
Tabel 5.1 Nilai Modus *RGB* Menggunakan Metode *Histogram of s-RGB*

Citra	Smartphone 8 MP			Smartphone 5 MP		
	Mod _R	Mod _G	Mod _B	Mod _R	Mod _G	Mod _B
C_1	75	96	29	84	96	32
C_2	64	104	38	68	105	48
C_3	94	124	38	96	124	38
C_4	116	142	38	116	140	40
...
C_80	49	72	32	53	75	30

Sumber : Data Penelitian (2018)

5.1.4 Hasil Klasifikasi

Tahap klasifikasi bertujuan untuk mengelompokkan setiap piksel pada kelas tertentu. *Fuzzy Logic* ialah metode pilihan yang dimanfaatkan di tahap ini. Data parameter yang dibutuhkan logika *fuzzy* sebagai masukan adalah nilai modus intensitas *RGB* yang dihasilkan dari proses ekstraksi ciri warna dengan dengan *Histogram of s-RGB*. Dimana *Fuzzy Logic* akan digunakan untuk mengelompokkan setiap data citra masukan ke dalam suatu level BWD tertentu, sekaligus menentukan takaran pupuk yang diperlukan untuk tanaman padi. Terdapat 4 level warna pada Bagan Warna Daun (BWD) skala 4, yaitu level BWD₅, BWD₄, BWD₃ dan level BWD₂. Langkah-langkah dalam logika *fuzzy* diawali dengan proses fuzzifikasi, *membership function*, membangun basis *rule*, dan defuzzikasi untuk menentukan level warna BWD pada setiap data citra daun padi. Contoh fungsi keanggotaan *Fuzzy Logic* tertera pada Gambar 5.7 di bawah ini.



Gambar 5.7 Tampilan Fungsi Keanggotaan *Fuzzy Logic*

Berdasarkan Gambar 5.7, dapat diketahui bahwa fungsi keanggotaan *Fuzzy Logic* dalam penelitian ini direpresentasikan dalam kurva segitiga (kurva bahu) yang terdiri dari 3 variabel, yaitu nilai *hist_R*, *hist_G*, dan *hist_B*. Setiap variabel terbagi lagi dalam 3 himpunan keanggotaan untuk masing-masing variabel, yaitu himpunan rendah, sedang, dan tinggi. Selanjutnya untuk menentukan *rule base system*, maka terlebih dahulu ditentukan nilai *output* sebagai target. Nilai *output* adalah nilai *RGB* pada setiap level warna BWD. Perlu analisis secara berulang-ulang untuk memperoleh *rule* yang tepat guna mencapai target yang diharapkan. Berdasarkan hasil analisis, maka diperoleh skala untuk *output* berkisar 0 – 100, yaitu BWD_5 (0–25), BWD_4 (25–50), BWD_3 (50–75), dan BWD_2 (75–100). Contoh *rule fuzzy* dan diperoleh pada penelitian ini, yaitu :

Jika (R adalah tinggi) Dan (G adalah rendah) Dan (B adalah rendah) Maka BWD 5

Jika (R adalah rendah) Dan (G adalah tinggi) Dan (B adalah sedang) Maka BWD 4

Jika (R adalah sedang) Dan (G adalah sedang) Dan (B adalah tinggi) Maka BWD 3

.....

Jika (R adalah sedang) Dan (G adalah tinggi) Dan (B adalah tinggi) Maka BWD 2

Tahap terakhir adalah proses difuzzifikasi, dimana masukan berupa sebuah himpunan *fuzzy* didapatkan aturan *fuzzy* yang dikomposisi. *Output* yang didapat ialah sebuah bilangan *fuzzy* pada domain itu, sehingga bila diberi himpunan *fuzzy* pada *range* tertentu, maka diambil sebuah nilai *crisp* sebagai keluarannya. Contoh perhitungan manual dan *source code* yang telah terintegrasi dalam bahasa pemrograman *Java* pada *Android Studio* terlampir (Lampiran 4).

Dengan demikian, maka contoh *output* hasil klasifikasi menggunakan *Fuzzy Logic* yang ditampilkan tertera pada Gambar 5.8 di bawah ini.





Gambar 5.8 Tampilan Hasil Klasifikasi Level BWD *Fuzzy Logic*

Tabel 5.2 Hasil Klasifikasi Level BWD dengan *Fuzzy Logic*

Citra Uji	Smartphone 8 MP		Smartphone 5 MP	
	Level BWD	Elapsed Time (Second)	Level BWD	Elapsed Time (Second)
C ₁	Lev ₄	14s	Lev ₄	29s
C ₂	Lev ₃	13s	Lev ₄	32s
C ₃	Lev ₃	8s	Lev ₃	27s
C ₄	Lev ₂	12s	Lev ₂	26s
U...v
C ₈₀	Lev ₅	6s	Lev ₅	32s
Rata-rata		10,137 s		29,625 s

Sumber : Data Penelitian (2018)

Tabel 5.2 dan Gambar 5.8, telah diketahui rata-rata *elapsed time* sistem pada *smartphone* 8 MP yaitu 10,137 detik, sedangkan pada *smartphone* 5 MP yaitu 29,625 detik. Artinya bahwa waktu komputasi sistem pada *smartphone* 8 MP dinilai lebih cepat daripada *smartphone* 5 MP.

5.2 Pengujian dan Evaluasi Sistem

Proses pengujian perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana performa kinerja sistem, sekaligus melakukan validasi dan evaluasi sistem. Proses pengujian dan evaluasi sistem dilakukan dalam dua tahap, yaitu :

1. Pengujian menggunakan *Euclidean Distance* guna menghitung jarak terdekat antara nilai *RGB* yang dihasilkan sistem (nilai *RGB* citra uji pada sistem) terhadap *RGB* pada data latih (nilai *RGB* citra warna BWD).
2. Pengujian dengan cara membandingkan hasil klasifikasi level warna pada BWD keluaran sistem terhadap hasil klasifikasi BWD berdasarkan pengamatan secara visual.

Jumlah sampel citra daun yang perlukan pada penelitian ini sejumlah 80 citra uji daun padi. Proses pengambilan citra daun padi dilakukan secara visual berdasarkan rekomendasi Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan RI dalam www.pangan.litbang.pertanian.go.id.

Sedangkan data latih citra setiap level warna BWD digunakan sebagai data pembanding dalam proses pengujian. Data latih sebanyak 40 citra latih yang terbagi dalam 4 level BWD, sehingga masing-masing level terdiri dari 10 data citra latih. Teknik pengambilan data latih adalah dengan cara mengekstrak citra untuk memperoleh nilai *RGB* pada setiap level warna BWD menjadi beberapa nilai ciri, yaitu nilai *R*, *G*, dan *B* dari citra warna BWD. Nilai ciri untuk setiap level warna BWD tersebut diperoleh dengan cara merata-ratakan atau menjumlahkan semua piksel yang ada menggunakan rumus (Setiawan dan Herdianto, 2018) sebagai berikut.

$$d(x,y) = \frac{1}{MN} \sum_{y=0}^M \sum_{x=0}^N f(x,y) \quad (5-1)$$

Nilai rata-rata (μ) dari setiap himpunan warna *R*, *G*, dan *B* pada citra dengan ukuran $M \times N$ dengan intensitas warna (*f*) antara 0–255 pada titik koordinat *x,y*.

Contoh hasil rata-rata nilai *RGB* untuk setiap level warna BWD tertera di Tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.3 Nilai *RGB* Citra Latih untuk Setiap Level Warna BWD

Data Latih Citra BWD			
<i>R</i>	<i>G</i>	<i>B</i>	Level BWD
126	151	50	Lev2
88	122	46	Lev3
66	97	47	Lev4
54	71	49	Lev5

Sumber : Data Penelitian (2018)

Nilai *RGB* dari citra data latih tersebut digunakan sebagai nilai parameter pembandingan untuk dihitung jarak terdekat terhadap nilai modulus *R*, nilai modulus *G*, dan nilai modulus *B* yang telah dihasilkan sistem sehingga dapat diperoleh hasil untuk proses validasi dan evaluasi terhadap performa kerja sistem. Contoh nilai modulus *RGB* yang dihasilkan sistem tertera di Tabel 5.4 di bawah ini.

Tabel 5.4 Nilai Modus *RGB* Keluaran Sistem

Smartphone 8 MP				Smartphone 5 MP			
mod- <i>R</i>	mod- <i>G</i>	mod- <i>B</i>	Level BWD	mod- <i>R</i>	mod- <i>G</i>	mod- <i>B</i>	Level BWD
75	96	29	4	84	96	32	4
64	104	38	3	68	105	48	4
94	124	38	3	96	124	38	3
116	142	38	2	116	140	40	2
...
49	72	32	5	53	75	30	5

Sumber : Data Penelitian (2018)

Setelah mendapatkan nilai *RGB* pada setiap data, maka langkah selanjutnya adalah membandingkan nilai *RGB* citra latih (nilai *RGB* pada citra level BWD) terhadap nilai *RGB* citra uji (nilai *RGB* citra daun padi pada sistem) dengan hitung jarak terdekat dengan *Euclidean Distance* (Wulanningrum dan Rachmad, 2012) dengan rumus sebagai berikut.

$$d(x,y)=\sqrt{\sum_{i=1}^n(x_i-y_i)^2} \quad (5-2)$$

$$d(x,y)=\sqrt{(x_1-y_1)^2+(x_2-y_2)^2+(x_3-y_3)^2}$$

$$d(x,y)=\sqrt{(x_R-y_R)^2+(x_G-y_G)^2+(x_B-y_B)^2}$$

Dimana, $d(x, y)$ adalah nilai jarak yang dicari, dengan x mewakili nilai *RGB* citra uji (nilai *RGB* citra padi pada sistem), sedangkan y mewakili nilai *RGB* citra latih pada BWD.

5.2.1 Pengujian Menggunakan Metode *Euclidean Distance*

Hasil perhitungan jarak terdekat menggunakan metode *Euclidean Distance* tertera di Tabel 5.5 untuk *smartphone* 8 MP dan Tabel 5.6 untuk *smartphone* 5 MP.

Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Jarak Terdekat pada *Smartphone* 8 MP

Data Uji	<i>Euclidean Distance</i> pada <i>Smartphone</i> 8 MP		
	Jarak terdekat (<i>Euclidean Distance</i>)	Level BWD Hasil <i>Euclidean Distance</i>	Level BWD Hasil Output Sistem
C_1	19,2354	4	4
C_2	11,4891	4	3
C_3	10,1980	3	3
C_4	15,1657	2	2
...
C_80	12,5299	5	5
Rata-rata	12,61516		

Sumber : Data Penelitian (2018)

Tabel 5.6 Hasil Perhitungan Jarak Terdekat pada *Smartphone* 5 MP

Data Uji	<i>Euclidean Distance</i> pada <i>Smartphone</i> 5 MP		
	Jarak terdekat (<i>Euclidean Distance</i>)	Level BWD <i>Euclidean Distance</i>	Level BWD Sistem
C_1	22,6716	4	4
C_2	8,3066	4	4
C_3	12,8841	3	3
C_4	15,0333	2	2
...
C_80	15,3623	5	5
Rata-rata	13,97515		

Sumber : Data Penelitian (2018)

Tabel 5.5 serta Tabel 5.6, diketahui nilai rata-rata jarak terdekat pada *smartphone* 8 MP sebesar 12,61, sedangkan *smartphone* 5 MP sebesar 13,97. Jika dianalisis maka dapat disimpulkan bahwa *smartphone* 8 MP menghasilkan nilai jarak yang lebih dekat terhadap data nilai *RGB* citra latih (Aktual) daripada yang dihasilkan *smartphone* 5 MP. Hal ini mungkin diakibatkan salah satu faktor ialah kapasitas piksel kamera setiap *smartphone* yang berbeda.

Hasil perhitungan tersebut dilakukan dengan cara menghitung jarak terdekat nilai modulus *RGB* yang dihasilkan sistem (nilai *RGB* citra uji) terhadap nilai *RGB* citra latih (citra level warna BWD) menggunakan metode *Euclidean Distance*. *Output* dari proses perhitungan ini berupa nilai jarak terdekat dan level mana yang seharusnya nilai

modus *RGB* dari data uji tersebut berada. Contoh kasus, misalnya nilai modus *RGB* citra uji (C_1) pada *smartphone* 8 MP telah dihitung jarak terdekat terhadap nilai *RGB* pada 40 citra data latih, ternyata menghasilkan nilai jarak *euclidean* terdekat sebesar 19,2354 dan berada pada level 4 warna BWD.

Selanjutnya hasil tersebut dibandingkan lagi dengan level BWD yang dihasilkan oleh sistem (lihat Tabel 5.5). Ternyata hasilnya menunjukkan bahwa sistem juga mengidentifikasi citra C_1 berada pada level 4 BWD. Artinya bahwa sistem dapat mengidentifikasi secara tepat citra C_1 sebagai citra level 4 pada warna BWD.

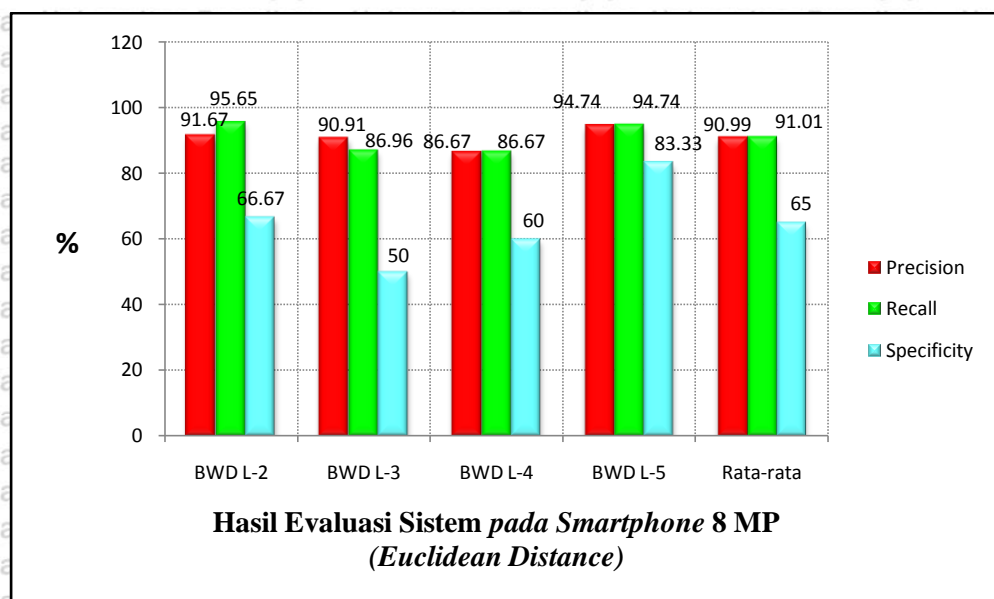
Tahap selanjutnya adalah proses evaluasi kinerja sistem menggunakan metode *Evaluating Classifiers*, yaitu *Confusion Matrix for Multiple Classes* untuk menguji *precision*, *sensivicity*, *specificity* dan *overall accuracy* sistem. Proses perhitungan dilakukan dengan cara membagi data aktual dan data prediksi menjadi 4 kelas, yaitu kelas level BWD₅, level BWD₄, level BWD₃, dan level BWD₂ (Lampiran 6). Oleh karena pengujian sistem dilakukan pada dua *smartphone* yang berbeda, maka proses validasi dan evaluasi juga dilakukan sebanyak dua kali. Hasil validasi dan evaluasi sistem ditunjukkan pada Tabel 5.7 untuk *smartphone* 8 MP dan Tabel 5.8 untuk *smartphone* 5 MP.

A. Validasi dan Evaluasi Sistem pada *Smartphone* 8 MP Menggunakan Metode *Euclidean Distance*

Tabel 5.7 Hasil Perhitungan *Precision*, *Recall*, *Specificity*, dan *Accuracy* Sistem pada *Smartphone* 8 MP dengan Metode *Euclidean Distance*

Ket.	<i>Precision</i> (%)	<i>Recall</i> (%)	<i>Specificity</i> (%)	<i>Accuracy</i> (%)
BWD L ₂	91,67	95,65	66,67	
BWD L ₃	90,91	86,96	50,00	
BWD L ₄	86,67	86,67	60,00	91,25
BWD L ₅	94,74	94,74	83,33	
Rata-rata	90,99	91,01	65,00	

Sumber : Data Penelitian (2018)



Gambar 5.9 Grafik Evaluasi Sistem pada Smartphone 8 MP

Tabel 5.7 dan Gambar 5.9, diketahui rata-rata *precision* sistem pada *smartphone* 8 MP sebesar 90,99%. *Precision* adalah ketepatan sebuah instrumen untuk memperoleh hasil secara konsisten atas variabel input yang tetap yang artinya bahwa sistem ini telah memberikan informasi yang diminta secara tepat dengan tingkat presisi sekitar 90,99%.

Tingkat akurasi sistem diketahui sebesar 91,25%. Akurasi merupakan suatu ukuran untuk mengetahui kedekatan pembacaan instrumen terhadap nilai sebenarnya (*true value*). Untuk itu, kedekatan antara nilai yang prediksi oleh sistem terhadap nilai aktual juga dikategorikan cukup tinggi dengan nilai akurasi sebesar 91,25%.

Tingkat *sensitivity (recall)* diketahui sebesar 91,01%. *Sensitivity (recall)* merupakan perbandingan antara tanggapan instrumen terhadap berubahnya suatu variabel masukan yang diukur untuk dapat menemukan kembali informasi yang diminta berupa hasil yang positif. *Sensitivity* menjadi meningkat dipengaruhi oleh semakin tinggi nilai positif sejati (*true-positive*) dan rendahnya nilai negatif palsu (*false-negative*). Pada penelitian ini diketahui tingkat keberhasilan sistem menemukan informasi kembali dinilai cukup tinggi yang ditunjukkan pada tingkat *recall* sebesar 91,01%.

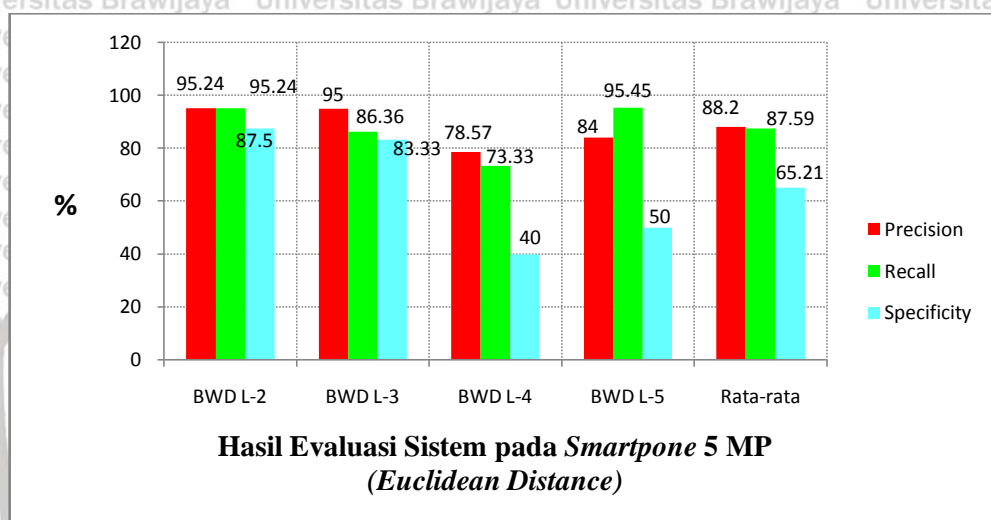
Tingkat *specificity* diketahui sebesar 65,00%. *Specificity* merupakan kemampuan suatu sistem yang diuji untuk memberikan hasil negatif. Artinya apabila adanya peningkatan dalam positif-palsu (*false-positive*) akan menurunkan *specificity* pada sistem.

B. Validasi dan Evaluasi Sistem pada *Smartphone* 5 MP Menggunakan Metode *Euclidean Distance*

Tabel 5.8 Hasil Perhitungan *Precision*, *Recall*, *Specificity*, dan *Accuracy* Sistem pada *Smartphone* 5 MP dengan Metode *Euclidean Distance*

Ket.	<i>Precision</i> (%)	<i>Recall</i> (%)	<i>Specificity</i> (%)	<i>Accuracy</i> (%)
BWD L ₂	95,24	95,24	87,50	88,75
BWD L ₃	95,00	86,36	83,33	
BWD L ₄	78,57	73,33	40,00	
BWD L ₅	84,00	95,45	50,00	
Rata-rata	88,20	87,59	65,21	

Sumber : Data Penelitian (2018)



Gambar 5.10 Grafik Hasil Evaluasi Sistem pada *Smartphone* 5 MP

Tabel 5.8 serta Gambar 5.10, diketahui bahwa keberhasilan sistem pada *smartphone* 5 MP untuk menemukan kembali informasi sebesar 87,59%. Tingkat *precision* yang diperoleh sistem sebesar 88,20%, tingkat akurasi sebesar 88,75%, dan *specificity* sebesar 65,21%.

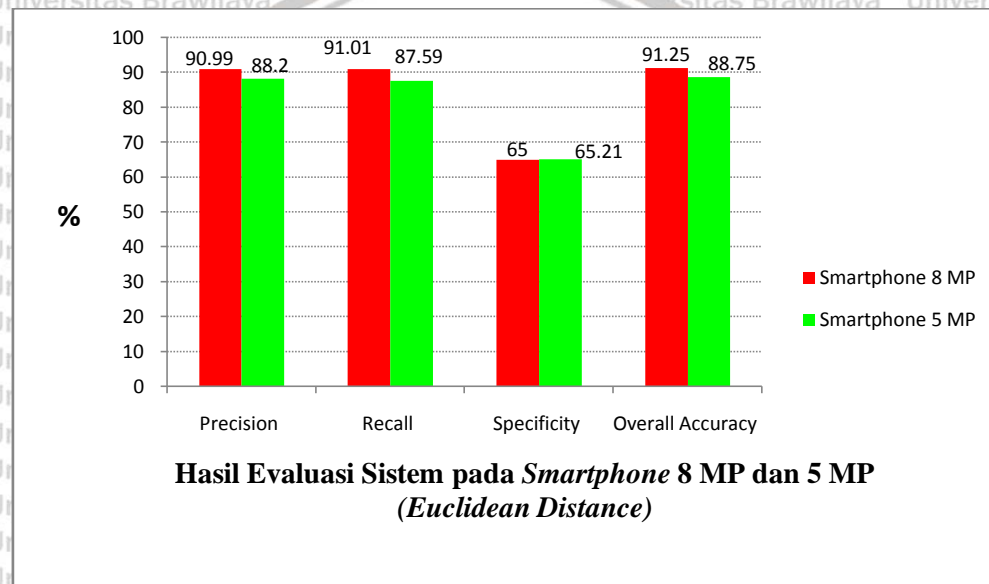
C. Perbandingan Evaluasi Sistem pada *Smartphone* 8 MP dan *Smartphone* 5 MP Menggunakan Metode *Euclidean Distance*

Hasil perbandingan evaluasi sistem pada *smartphone* 8 MP dan 5 MP tertera di Tabel 5.9 serta Gambar 5.11 berikut ini.

Tabel 5.9 Evaluasi Sistem pada *Smartphone* 8 MP dan *Smartphone* 5 MP

	<i>Precision</i> (%)	<i>Recall</i> (%)	<i>Specificity</i> (%)	<i>Accuracy</i> (%)
<i>Smartphone</i> 8 MP	90,99	91,01	65,00	91,25
<i>Smartphone</i> 5 MP	88,20	87,59	65,21	88,75

Sumber : Data Penelitian (2018)



Gambar 5.11 Grafik Evaluasi Sistem pada *Smartphone* 8 MP dan 5 MP

Tabel 5.9 serta Gambar 5.11, telah diketahui ketepatan sistem dalam memberikan permintaan informasi pada *smartphone* 8 MP dinilai lebih baik, yaitu 90,99% sedangkan yang dimiliki sistem pada *smartphone* 5 MP sebesar 88,20%. Di samping itu, sistem berhasil memperoleh informasi kembali pada *smartphone* 8 MP dengan tingkat *recall* sebesar 91,01% dinilai lebih unggul, dibanding dengan keberhasilan sistem pada *smartphone* 5 MP yang hanya mencapai 87,59%. Kedekatan antara nilai prediksi sistem terhadap nilai aktual lebih baik pada *smartphone* 8 MP sebesar 91,25%, sementara *smartphone* 5 MP sekitar 88,75%. Kedua *smartphone* tersebut berada pada tingkat *specificity* 65,00% untuk *smartphone* 8 MP dan 65,21 pada *smartphone* 5 MP.

5.2.2 Evaluasi Hasil Klasifikasi Sistem Terhadap Hasil Klasifikasi Secara Visual

Pengujian dan evaluasi hasil klasifikasi oleh sistem terhadap hasil klasifikasi secara visual dilakukan guna mengetahui performa sistem jika dibandingkan hasil klasifikasi yang diperoleh melalui pengamatan secara visual.

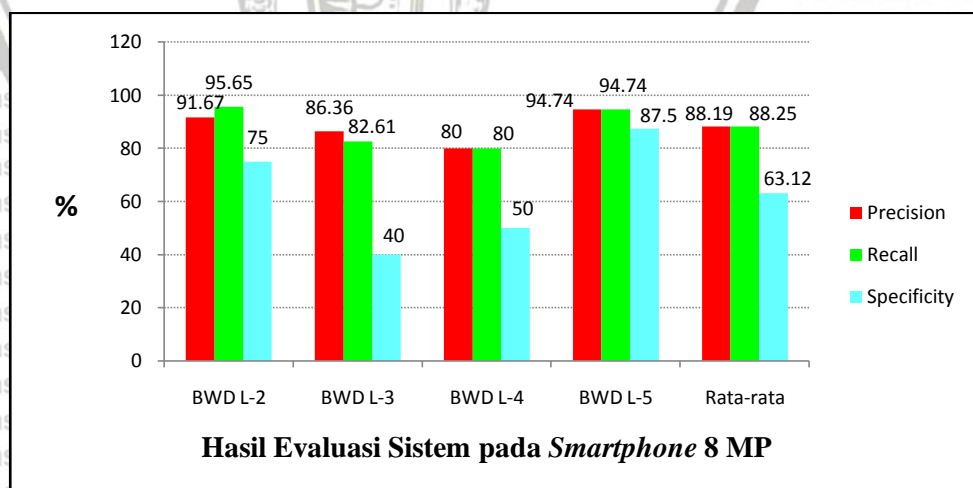
A. Evaluasi Hasil Klasifikasi Sistem Terhadap Hasil Klasifikasi Secara Visual pada *Smartphone* 8 MP

Sejumlah 80 citra uji daun padi diklasifikasi oleh system menggunakan *smartphone* 8 MP. Setiap citra uji tersebut diklasifikasi oleh sistem sehingga menghasilkan level BWD pada masing-masing citra uji. Hasil klasifikasi oleh system tersebut perlu dievaluasi lagi dengan cara membandingkan terhadap hasil klasifikasi yang dilakukan secara visual.

Tabel 5.10 Hasil Perhitungan *Precision*, *Recall*, *Specificity*, dan *Accuracy* Sistem pada *Smartphone* 8 MP Terhadap Hasil Klasifikasi Secara Visual

Ket.	<i>Precision</i> (%)	<i>Recall</i> (%)	<i>Specificity</i> (%)	<i>Accuracy</i> (%)
BWD L-2	91,67	95,65	75,00	88,75
BWD L-3	86,36	82,61	40,00	
BWD L-4	80,00	80,00	50,00	
BWD L-5	94,74	94,74	87,50	
Rata-rata	88,19	88,25	63,12	

Sumber : Data Penelitian (2018)



Gambar 5.12 Grafik Evaluasi Sistem pada *Smartphone* 8 MP

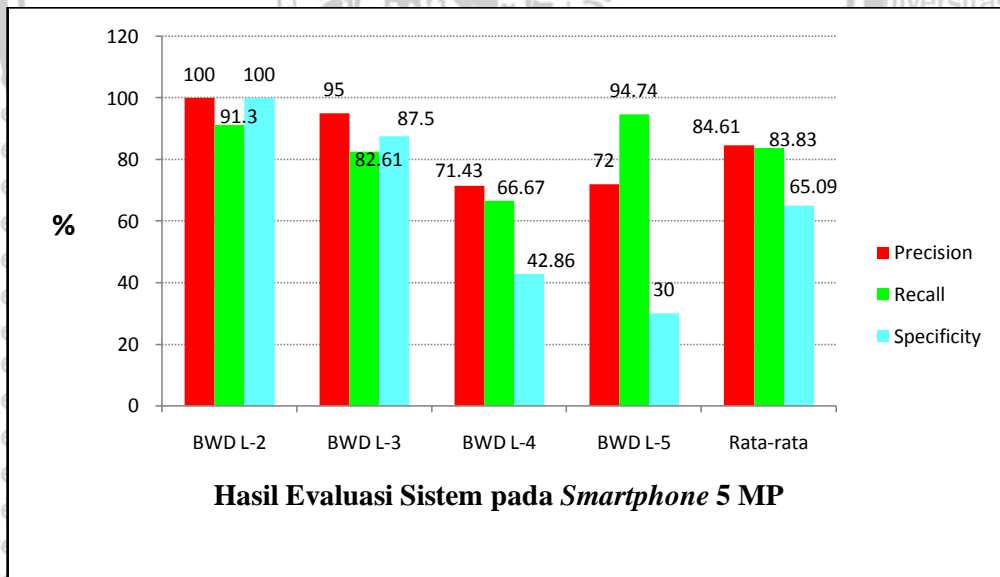
Tabel 5.10 serta Gambar 5.12, diketahui rata-rata *precision* sistem pada *smartphone* 8 MP sebesar 88,19% yang artinya bahwa sistem secara tepat memberikan informasi yang diminta dengan tingkat presisi sekitar 88,19%. Tingkat terdekat nilai prediksi pada sistem terhadap nilai aktual juga dikategorikan cukup tinggi dengan nilai akurasi sebesar 88,75%. Tingkat keberhasilan sistem menemukan informasi kembali dinilai cukup tinggi yang ditunjukkan pada tingkat *recall* sebesar 88,25%, sedangkan tingkat *specificity* sekitar 63,12%.

B. Evaluasi Hasil Klasifikasi Sistem Terhadap Hasil Klasifikasi Secara Visual pada *Smartphone* 5 MP

Tabel 5.11 Hasil Perhitungan *Precision*, *Recall*, *Specificity*, dan *Accuracy* Sistem pada *Smartphone* 5 MP Terhadap Hasil Klasifikasi Secara Visual

Ket.	<i>Precision</i> (%)	<i>Recall</i> (%)	<i>Specificity</i> (%)	<i>Accuracy</i> (%)
BWD L ₂	100	91,30	100	
BWD L ₃	95,00	82,61	87,50	
BWD L ₄	71,43	66,67	42,86	85,00
BWD L ₅	72,00	94,74	30,00	
Rata-rata	84,61	83,83	65,09	

Sumber : Data Penelitian (2018)



Gambar 5.13 Grafik Hasil Evaluasi Sistem pada *Smartphone* 5 MP

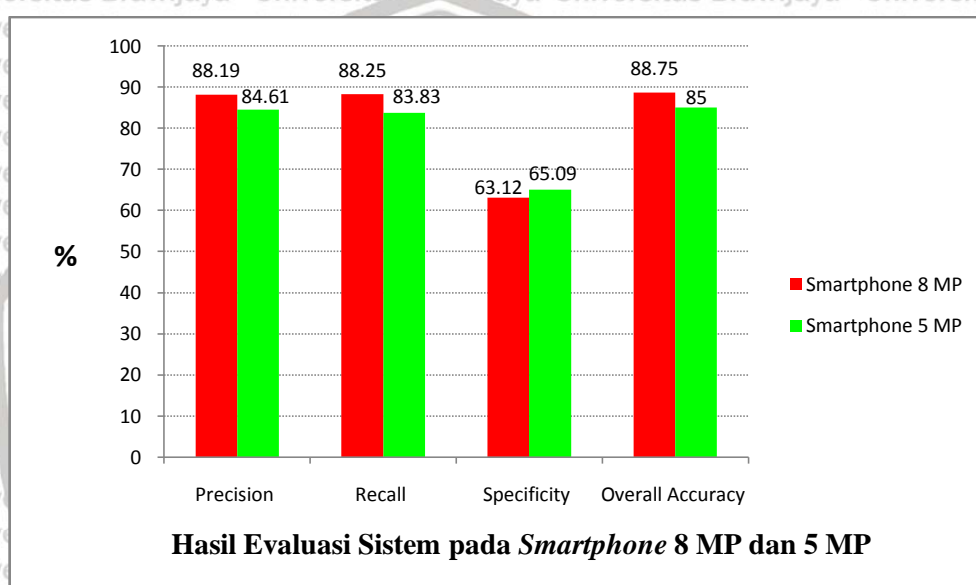
Tabel 5.11 serta Gambar 5.13, menunjukkan bahwa keberhasilan sistem pada *smartphone* 5 MP untuk menemukan kembali informasi sebesar 83,83%. Tingkat *precision* yang diperoleh sistem sebesar 84,61%, tingkat akurasi sebesar 85,00%, dan *specificity* sebesar 65,09%.

C. Perbandingan Evaluasi Hasil Klasifikasi Sistem pada *Smartphone* 8 MP dan *Smartphone* 5 MP terhadap Hasil Klasifikasi Secara Visual

Perbandingan hasil evaluasi klasifikasi sistem pada *smartphone* 8 MP dan 5 MP terhadap hasil klasifikasi secara visual tertera di Tabel 5.12 serta Gambar 5.14 berikut.

Tabel 5.12 Evaluasi Hasil Klasifikasi Sistem pada *Smartphone* 8 MP dan *Smartphone* 5 MP Terhadap Hasil Klasifikasi Secara Visual

	Precision (%)	Recall (%)	Specificity (%)	Accuracy (%)
Smartphone 8 MP	88,19	88,25	63,12	88,75
Smartphone 5 MP	84,61	83,83	65,09	85,00



Gambar 5.14 Grafik Evaluasi Sistem pada *Smartphone* 8 MP dan 5 MP

Tabel 5.12 serta Gambar 5.14, diketahui sistem secara tepat memberikan informasi yang diminta pada *smartphone* 8 MP dan dinilai lebih baik, yaitu 88,19% , sedangkan yang dipunyai sistem pada *smartphone* 5 MP sekitar 84,61%. Selain itu, sistem berhasil untuk kembali memperoleh informasi pada *smartphone* 8 MP dengan tingkat *recall* sebesar 88,25% dinilai lebih unggul, dibanding dengan keberhasilan sistem pada *smartphone* 5 MP yang hanya mencapai 83,83%. Tingkat terdekat antara nilai prediksi pada sistem didapatkan nilai aktual lebih baik pada *smartphone* 8 MP sekitar 88,75%, sementara pada *smartphone* 5 MP sekitar 85,00%. Kedua *smartphone* tersebut terletak di tingkat *specificity* 63,12% untuk *smartphone* 8 MP dan 65,09 pada *smartphone* 5 MP.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat simpulan penelitian yang dibahas pada bab sebelumnya. Bab ini berisi termasuk saran guna dijadikan acuan untuk pengembangan pada tahap penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Sesuai pengujian dan hasil analisis yang dilaksanakan, maka diperoleh beberapa simpulan sebagai berikut.

1. Sistem mampu melakukan proses akuisisi citra daun padi yang diletakkan di dalam *constant lux box* dengan pencahayaan konstan sebesar 124 *lux*.
2. Penggunaan metode *Histogram of s-RGB* pada sistem telah mampu mengekstraksi ciri warna citra daun padi, serta dapat menentukan nilai *RGB* dominan pada citra daun padi yang di-*resize* 50x50 piksel terhadap level warna BWD menggunakan perhitungan jarak terdekat (*Euclidean Distance*), yaitu jarak rata-rata 12,61 pada *smartphone* 8 MP dan jarak rata-rata 13,97 pada *smartphone* 5 MP.
3. Penggunaan *Fuzzy Logic* pada sistem telah mampu mengklasifikasi citra daun padi sejumlah 80 citra uji.
4. Hasil pengujian sistem dengan metode *Histogram of s-RGB* dan *Fuzzy Logic* menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan performa kinerja secara cukup baik, yaitu :
 - a. Hasil pengujian menggunakan metode *Euclidean Distance* diperoleh jarak rata-rata 12,61 pada *smartphone* 8 MP dan 13,97 pada *smartphone* 5 MP, dengan tingkat *precision* pada *smartphone* 8 MP sebesar 90,99%, *recall* 91,01%, *accuracy* 91,25%, dan *specificity* sebesar 65 %. Sedangkan, pada *smartphone* 5 MP diperoleh tingkat presisi 88,20%, *recall* 87,59%, *accuracy* 88,75%, dan tingkat *specificity* sebesar 65,21%.

- b. Hasil pengujian dan evaluasi kinerja sistem terhadap hasil pengamatan secara visual diperoleh tingkat *precision* pada *smartphone* 8 MP sebesar 88,19%, *recall* 88,25%, *accuracy* 88,75%, dan *specificity* sebesar 63,12%. Sedangkan pada *smartphone* 5 MP diperoleh tingkat *precision* 84,61%, *recall* 83,83%, *accuracy* 85%, dan tingkat *specificity* sebesar 65,09%.

Hasil pengujian sistem tersebut menunjukkan bahwa *specificity* pada *smartphone* 8 MP dinilai lebih baik karena memiliki *specificity* yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem pada *smartphone* 5 MP. Jika sistem sangat sensitif dapat mempunyai spesifitas rendah, sebaliknya sistem yang cenderung spesifik mempunyai sensitivitas rendah. Jadi, apabila semakin tinggi sensitivitas suatu uji sistem, maka semakin rendah spesifisitas dari sistem tersebut.

- c. Waktu komputasi kinerja sistem yang dihasilkan pada setiap *smartphone* berbeda-beda tergantung spesifikasi *smartphone* yang digunakan, yaitu :

1) *Smartphone* 1

Waktu komputasi yang diperoleh rata-rata sebesar 10,137 detik.

2) *Smartphone* 2

Waktu komputasi yang dihasilkan rata-rata sebesar 29,625 detik.

6.2 Saran

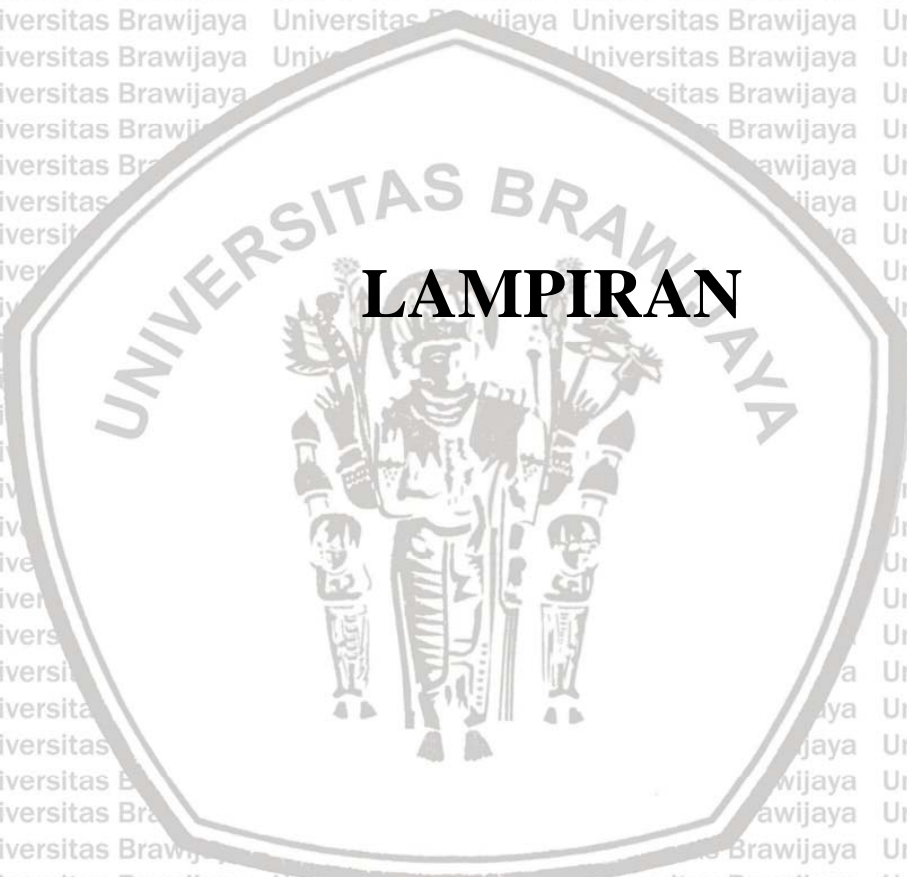
Beberapa saran yang diperlukan guna mengembangkan penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan untuk proses identifikasi unsur hara lain yang perlu bagi tanaman padi, misalnya *Phospor (p)*, *Kalium (K)*, dan *Magnesium (Mg)*, serta unsur hara pembentuk tanaman padi lainnya.
2. Perlu dilakukan pengujian terhadap sistem dengan jarak pengambilan gambar yang berbeda-beda, terutama saat proses akuisisi citra daun padi agar dapat mengetahui tingkat pengaruh jarak pengambilan gambar terhadap hasil citra yang diperoleh.
3. Perlu dilakukan pengujian terhadap sistem dengan intensitas cahaya yang berbeda-beda sehingga dapat diketahui tingkat pengaruh intensitas cahaya dalam proses akuisisi citra daun padi.

DAFTAR PUSTAKA

- Astika, I, W, Setiawan, R, P, A & Ardiyansah, M. (2011). *Pemetaan Keragaman Warna Daun Padi Dengan Citra Yang Diambil Dari Pesawat Terbang Mini*. Seminar Nasional PERTETA. Bandung 6-8 Desember 2011. pp. 99-105.
- Astika, I, W, Sugiyanta, & Cibro, M, M. (2012). *Pengukuran Tingkat Warna Daun Padi dan Dosis Pemupukan Dengan Telepon Seluler Android*. Prosiding InSINas 2012. pp. 43-49.
- Azis, S. (2012). *All About Android : Cukup Satu Buku Untuk Menjelajahi Dunia Android*. Jakarta : Kuncikom.
- Bangun, C, A, D, P, P, Ginardi, H, Fatichah, C. (2013). *Implementasi Metode Kalibrasi Warna Relatif dan K-Nearest Neighbor Pada Smartphone Untuk Akuisisi Warna Pada Bagan Warna Daun*. Jurnal Teknik Pomits. ISSN : 2337-3539. Vol. 2, No. 1, pp. 1-4.
- CREMNET. (2000). *Technology Brief No. 2 (Revised)*. Philippines : IRRI.
- Dirjen Tanaman Pangan Republik Indonesia. (2016). *Rapat Koordinasi Upaya Khusus (UPSUS) Padi, Jagung dan Kedelai*. Artikel dalam <http://tanamanpangan.pertanian.go.id/informasi/85>. (diakses pada 21 Januari 2017).
- Fachrul, K dan Gianto, W. (2015). *Cepat Menguasai Pemrograman Android*. Malang : Universitas Brawijaya Press.
- Firmansyah, I & Sumarni, N. 2013. *Effect of N Fertilizer Dosages and Varieties On Soil pH, Soil Total-N, N Uptake, and Yield of Shallots (Allium ascalonicum L). Varieties On Entisols-Brebes Central Java*. J. Hort. Vol. 23. No. 4. pp. 357-364.
- Furuya, S. (1987). *Growth Diagnosis of Rice Plants by Means of Leaf Colour*. JARQ. Vol. 20. No.3. pp. 147-153.
- Gani, A. (2006). *Bagan Warna Daun*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi Republik Indonesia.
- Kaur, N & Singh, D. (2016). *Android Based Mobile Application to Estimate Nitrogen Content in Rice Crop*. International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT). Volume 38 No.2. ISSN: 2231-2803. pp.87-91.
- Konica Minolta. (1989). *Chlorophyll Meter SPAD-502 Manual*. Japan : Konica Minolta Sensing, Inc.
- Kusrini. (2008). *Aplikasi Sistem Pakar : Menentukan Faktor Kepastian Pengguna Dengan Metode Kuantifikasi Pertanyaan*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Laudon, K, C, & Laudon, J, P. (2008). *Sistem Informasi Manajemen : Mengelola Perusahaan Digital*. Edisi 10. Buku 2. Jakarta : Salemba Empat.
- Morton, R, F, Rebel, J, R, McCharter, R, J. (2009). *Panduan Epidemiologi & Biostatistika*. Edisi 5. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC.

- Mudjirahardjo, P, Nurussa'adah, & Siwindarto, P. (2016). *Soccer Field Detection on Histogram of s-RGB*. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. ISSN 1819-6608. Vol. 11. No. 21. pp.12405-12408.
- Permentan Republik Indonesia. (2007). *Acuan Penetapan Rekomendasi Pemupukan N, P, dan K Pada Padi Sawah Spesifik Lokasi (Per Kecamatan) : Sebagai Lampiran Dari Permentan No.40/Permentan/OT.140/4/2007tentang Rekomendasi Pemupukan N, P, dan K Pada Padi Sawah Spesifik Lokasi*. Jakarta : KEMENTAN Republik Indonesia.
- Putra, D. (2010). *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Robertson, A, N, Arkebauer, T, Scoby David, Schepers, J, Gitelson, A. (2015). *Using a Simple Leaf Color Chart to Estimate Leaf and Canopy Chlorophyll a Content in Maize (Zea Mays)*. Communications in Soil Science and Plant Analysis. Taylor and Francis Group, LCC. ISSN : 1532-2416 Online. pp.1-12.
- Rosnelly, R. (2012). *Sistem Pakar : Konsep dan Teori*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Ross, T, J. (2010). *Fuzzy Logic With Engineering Applications*. Wiley. University of New Mexico. USA.
- Salbino, S. (2014). *Buku Pintar Gadget Android Untuk Pemula*. Jakarta : Kunci Komunikasi.
- Santoso, R, D. (2017). *Pengukuran Stress Mekanik Berbasis Sensor Piezoelektrik : Prinsip Desain dan Implementasi*. Malang : Universitas Brawijaya Press.
- Sari, Y, A, Ginardi, R,V, H & Sarno, R. (2013). *Assessment of Color Levels in Leaf Color Chart Using Smartphone Camera with Relative Calibration*. Information Systems International Conference (ISICO). 2-4 Desember 2013. pp. 631-636.
- Shaputri, S, N, Hidayat, B, & Sunarya, U. (2015). *Klasifikasi Lovebird Berdasarkan Bentuk Kepala dan Warna Dengan Metode Local Binary Pattern (LBP) dan Fuzzy Logic*. Tugas Akhir. Fakultas Teknik Elektro. Universitas Telkom. Bandung.
- Setiawan, E, B, & Herdianto, R (2018). *Penggunaan Smartphone Android sebagai Alat Analisis Kebutuhan Kandungan Nitrogen pada Tanaman Padi*. JNTETI. ISSN 2301 - 4156. Vol. 7. No. 3. pp. 273-280.
- Supardi, Y. (2014). *Semua Bisa Menjadi Programmer Case Study*. Jakarta : PT Elex Media Komputindo.
- Triadi, D. (2013). *Bedah Tuntas Fitur Android*. Yogyakarta : Jogja Great Publisher.
- Wahid, A, S. (2003). *Peningkatan Efisiensi Pupuk Nitrogen Pada Padi Sawah Dengan Metode Bagan Warna Daun*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan. Jurnal Litbang Pertanian. Vol. 22. No.4. pp. 156-161.
- Wahadyo, A. (2013). *Android 4 Untuk Pengguna Pemula Tablet & Handphone*. Jakarta : Mediakita.
- Widodo, T, S. (2005). *Sistem Neuro Fuzzy Untuk Pengolahan Informasi, Pemodelan, dan Kendali*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Wulanningrum, R, & Rachmad, A. (2012). *Pengenalan Rumpuk Laut Menggunakan Euclidean Distance Berbasis Ekstraksi Fitur*. Seminar Nasional Aplikasi (SNATI). ISSN : 1907 – 5022. Yogyakarta.
- Yazdi, M. (2014). *Pemrograman Matlab Pada Sistem Pakar Fuzzy : Kasus Menentukan dan Mengukur Suatu Kinerja*. Yogyakarta : Deepublish.



LAMPIRAN



Lampiran 1. Nilai RGB Data Latih Citra Level Warna BWD

Data Latih	Nilai Data Latih BWD/Level			
	R	G	B	Level BWD
C-1	126	151	50	2
C-2	126	150	49	2
C-3	125	150	50	2
C-4	126	151	49	2
C-5	125	148	50	2
C-6	125	149	49	2
C-7	126	149	49	2
C-8	126	150	50	2
C-9	125	149	48	2
C-10	125	150	48	2
C-11	88	122	46	3
C-12	88	122	47	3
C-13	88	121	46	3
C-14	89	122	47	3
C-15	88	122	47	3
C-16	86	122	46	3
C-17	88	121	46	3
C-18	87	123	47	3
C-19	89	122	47	3
C-20	88	122	47	3
C-21	66	97	47	4
C-22	66	95	49	4
C-23	65	96	47	4
C-24	67	96	47	4
C-25	64	93	46	4
C-26	66	96	46	4
C-27	64	94	46	4
C-28	65	95	46	4
C-29	65	94	46	4
C-30	64	93	47	4
C-31	54	71	49	5
C-32	51	70	45	5
C-33	52	70	46	5
C-34	52	70	45	5
C-35	51	69	45	5
C-36	52	70	45	5
C-37	51	69	44	5
C-38	52	69	45	5
C-39	52	70	45	5
C-40	55	72	50	5

Lampiran 2. Hasil Output Sistem

Data Uji	Smartphone 8 MP					Smartphone 5 MP				
	R	G	B	Elapsed Time (s)	Level BWD	R	G	B	Elapsed Time (s)	Level BWD
C-1	75	96	29	14s	4	84	96	32	29s	4
C-2	64	104	38	13s	3	68	105	48	32s	4
C-3	94	124	38	8s	3	96	124	38	27s	3
C-4	116	142	38	12s	2	116	140	40	26s	2
C-5	120	142	40	13s	2	123	138	36	26s	2
C-6	56	82	36	12s	5	54	80	30	28s	5
C-7	52	84	38	12s	5	53	80	36	34s	5
C-8	78	122	32	7s	2	95	126	40	26s	3
C-9	52	82	46	8s	5	54	82	42	28s	5
C-10	68	102	48	8s	4	70	102	46	26s	4
C-11	96	128	34	14s	3	96	130	36	38s	3
C-12	74	112	48	9s	4	56	82	34	28s	5
C-13	114	144	40	13s	2	113	144	36	26s	2
C-14	118	122	32	12s	3	116	121	30	22s	4
C-15	96	126	36	7s	3	96	124	36	24s	3
C-16	124	138	40	6s	2	122	134	38	28s	2
C-17	66	104	48	8s	4	68	104	51	26s	4
C-18	122	140	38	9s	2	120	136	36	28s	2
C-19	54	82	38	12s	5	50	80	36	32s	5
C-20	56	80	38	12s	5	56	78	34	24s	5
C-21	65	106	42	12s	4	64	107	40	26s	4
C-22	69	104	44	13s	4	68	100	48	40s	5
C-23	98	134	42	8s	3	98	132	38	29s	3
C-24	94	126	38	9s	3	96	122	36	36s	3
C-25	126	144	46	12s	2	124	138	42	36s	2
C-26	68	114	40	12s	3	68	115	42	38s	4
C-27	120	142	44	12s	2	118	144	40	36s	2
C-28	120	138	45	12s	2	120	140	42	34s	2
C-29	124	138	42	13s	2	110	130	38	36s	2
C-30	54	84	36	8s	5	54	86	34	26s	5
C-31	64	102	42	6s	4	52	82	42	28s	5
C-32	120	136	40	12s	2	118	134	36	29s	2
C-33	92	126	48	13s	3	90	124	40	29s	4
C-34	78	110	46	13s	4	62	102	42	28s	5
C-35	123	140	44	9s	2	122	138	44	26s	2
C-36	126	142	46	8s	2	124	141	46	26s	2
C-37	86	136	48	8s	3	86	135	46	26s	3
C-38	88	134	48	12s	3	88	132	40	32s	3
C-39	84	138	48	13s	3	83	138	44	32s	3
C-40	56	82	36	13s	5	54	82	38	32s	5

C-41	122	146	42	9s	2	122	140	40	29s	2
C-42	84	134	48	8s	3	80	132	44	28s	3
C-43	82	132	48	8s	3	83	134	46	32s	3
C-44	84	134	44	8s	3	84	131	43	32s	3
C-45	121	148	46	12s	2	122	144	48	32s	2
C-46	86	138	44	6s	3	66	104	38	26s	4
C-47	124	142	44	6s	2	121	140	45	26s	2
C-48	124	146	42	6s	2	122	146	40	28s	2
C-49	92	132	38	8s	3	90	134	36	32s	3
C-50	58	100	48	14s	4	55	102	44	36s	4
C-51	56	82	44	14s	5	54	82	40	38s	5
C-52	54	82	40	8s	5	54	80	42	26s	5
C-53	53	84	42	7s	5	52	84	39	26s	5
C-54	60	80	40	8s	5	64	80	38	26s	5
C-55	126	140	48	8s	2	126	138	48	29s	2
C-56	95	135	40	8s	3	92	136	40	29s	3
C-57	88	130	36	8s	3	88	130	34	26s	3
C-58	86	132	38	12s	3	84	130	39	32s	3
C-59	68	105	40	14s	4	70	102	38	36s	4
C-60	121	145	40	8s	2	118	138	42	32s	2
C-61	54	82	42	8s	5	54	80	44	32s	5
C-62	58	80	44	11s	5	60	78	42	32s	5
C-63	60	82	48	14s	3	100	126	38	32s	3
C-64	64	102	42	13s	4	60	98	40	32s	4
C-65	66	108	40	15s	4	63	104	40	38s	5
C-66	124	138	47	14s	2	120	135	44	26s	3
C-67	122	138	44	14s	2	122	136	48	28s	2
C-68	124	146	42	12s	2	121	142	42	28s	2
C-69	54	81	44	12s	5	54	80	44	26s	5
C-70	126	148	46	8s	2	122	144	44	26s	2
C-71	76	122	30	6s	2	74	120	30	28s	3
C-72	100	130	42	9s	3	102	131	44	30s	3
C-73	68	104	30	8s	4	70	107	31	30s	4
C-74	68	102	48	8s	4	54	82	40	26s	5
C-75	62	104	44	12s	4	60	102	40	28s	4
C-76	53	82	44	8s	5	52	80	44	26s	5
C-77	52	80	42	8s	5	52	84	36	28s	5
C-78	50	82	46	9s	5	52	84	40	32s	5
C-79	52	83	45	9s	5	52	82	44	26s	5
C-80	49	72	32	6s	5	53	75	30	32s	5
Rata-rata				10.137s					29.625 s	

Lampiran 3. Contoh Perhitungan *Fuzzy Logic*

Contoh : Diketahui nilai intensitas *RGB* yang diperoleh dari hasil proses *s-RGB* adalah nilai $R = 116$, nilai $G = 140$, dan nilai $B = 49$. Perlu dicari nilai derajat keanggotaan pada setiap variabel sebelum melakukan inferensi.

4) Nilai R (116)

Nilai $R = 116$ terletak pada daerah rendah dan sedang, maka akan dihitung dengan Persamaan 4.7 dan Persamaan 4.8.

$$\text{Sedang} : (126 - 116) / (126 - 88,5) = 0,27$$

$$\text{Tinggi} : (116 - 88,5) / (126 - 88,5) = 0,73$$

5) Nilai G (140)

Nilai $G = 140$ terletak pada wilayah rendah dan tinggi, sehingga dihitung menggunakan Persamaan 4.11 dan Persamaan 4.12.

$$\text{Sedang} : (151 - 140) / (151 - 110) = 0,27$$

$$\text{Tinggi} : (140 - 110) / (151 - 110) = 0,73$$

6) Nilai B (49)

Nilai $B = 49$ terletak pada daerah rendah dan tinggi, sehingga perlu dihitung dengan Persamaan 4.13.

$$\text{Sedang} : (50 - 49) / (50 - 47) = 0,33$$

$$\text{Tinggi} : (49 - 47) / (50 - 47) = 0,67$$

Selanjutnya masuk pada tahapan aturan *fuzzy* yang telah dibuat. Aturan *fuzzy* tersebut perlu diproses dan dicari yang tepat dan sesuai derajat keanggotaan. Aturan *fuzzy* secara tersaji lengkap pada Tabel 4.2.

R14. Jika Nilai R (SEDANG) dan Nilai G (SEDANG) dan Nilai B (SEDANG) maka

BWD_4

$$\alpha \text{ predikat}_1 = \text{MIN} (0,27; 0,27; 0,33)$$

$$= 0,27$$

$$Z_1 = BWD_4 = 50$$

R19. Jika Nilai R (SEDANG) dan Nilai G (SEDANG) dan Nilai B (TINGGI) maka BWD_3

$$\alpha \text{ predikat}_2 = \text{MIN} (0,27; 0,27; 0,67)$$

$$= 0,27$$

$$Z_2 = BWD_3 = 75$$

R20. Jika Nilai R (SEDANG) dan Nilai G (TINGGI) dan Nilai B (SEDANG) maka BWD_3

$$\alpha \text{ predikat}_3 = \text{MIN} (0,27; 0,73; 0,33)$$

$$= 0,27$$

$$Z_3 = BWD_3 = 75$$

R24. Jika Nilai R (SEDANG) dan Nilai G (TINGGI) dan Nilai B (TINGGI) maka BWD_2

$$\alpha \text{ predikat}_4 = \text{MIN} (0,27; 0,73; 0,67)$$

$$= 0,27$$

$$Z_4 = BWD_2 = 100$$

Perhitungan *weight average* digunakan untuk proses pengambilan keputusan (defuzzifikasi) pada *fuzzy Sugeno*, yaitu :

$$H = \frac{(\alpha \text{predikat}_1 \times Z_1) + (\alpha \text{predikat}_2 \times Z_2) + (\alpha \text{predikat}_3 \times Z_3) + (\alpha \text{predikat}_4 \times Z_4)}{\alpha \text{predikat}_1 + \alpha \text{predikat}_2 + \alpha \text{predikat}_3 + \alpha \text{predikat}_4}$$

$$= \frac{(0,27 \times 50) + (0,27 \times 75) + (0,27 \times 75) + (0,27 \times 100)}{0,27 + 0,27 + 0,27 + 0,27}$$

$$= \frac{13,5 + 20,25 + 20,25 + 27}{1,08} = 75 \text{ (BWD}_3\text{)}$$

$$1,08$$

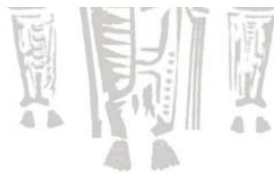
$$1,08$$

Lampiran 4. Source Code Proses Defuzifikasi pada Fuzzy Logic

```

ijaya: jml_bar[0] = getMinValue(m1);
ijaya: jml_bar[1] = getMinValue(m2);
ijaya: label_bar[0] = z1;
ijaya: label_bar[1] = z2;
ijaya: double num = ((apr1 * z1) + (apr2 * z2) + (apr3 * z3) + (apr4 * z4) +
ijaya: (apr5 * z5) + (apr6 * z6) + (apr7 * z7) + (apr8 * z8));
ijaya: double denum = (apr1 + apr2 + apr3 + apr4 + apr5 + apr6 + apr7 + apr8);
ijaya: double w = num / denum;
ijaya: // double w = (getMinValue(m1) * z1) + (getMinValue(m2) * z2)
ijaya: / (getMinValue(m1) + getMinValue(m2));
ijaya: Log.wtf("h", "" + w);
ijaya: Log.wtf("m1", "" + getMinValue(m1));
ijaya: Log.wtf("m2", "" + getMinValue(m2));
ijaya: if (w > 0 && w <= 25) {
ijaya:     hasil[5] = 5;
ijaya: } else if (w > 25 && w <= 50) {
ijaya:     hasil[5] = 4;
ijaya: } else if (w > 50 && w <= 75) {
ijaya:     hasil[5] = 3;
ijaya: } else if (w > 75 && w >= 100) {
ijaya:     hasil[5] = 2;
ijaya: } else {
ijaya:     hasil[5] = 2;
ijaya: }
ijaya:
ijaya: hasil[6] = getMinValueint(srgb);
ijaya:
ijaya: return hasil;
ijaya: }

```



Lampiran 5. Hasil Perhitungan Jarak Terdekat Menggunakan Metode *Euclidean Distance*

Hasil Perhitungan Jarak Terdekat (<i>Euclidean Distance</i>)							Level BWD Pengamatan/Visual
Data Uji	Smartphone 8 MP			Smartphone 5 MP			
	Jarak terdekat (<i>Euclidean Distance</i>)	Level BWD <i>Euclidean Distance</i>	Level BWD Sistem	Jarak terdekat (<i>Euclidean Distance</i>)	Level BWD <i>Euclidean Distance</i>	Level BWD Sistem	
1	2	3	4	5	6	7	8
C-1	19.2354	4	4	22.6716	4	4	4
C-2	11.4891	4	3	8.3066	4	4	4
C-3	10.1980	3	3	12.8841	3	3	3
C-4	15.1657	2	2	15.0333	2	2	2
C-5	63.3246	2	2	63.4429	2	2	2
C-6	15.5242	5	5	18.0554	5	5	5
C-7	15.6525	5	5	13.4907	5	5	5
C-8	16.1245	3	2	10.0499	3	3	3
C-9	11.1803	5	5	12.5210	5	5	5
C-10	5.4772	4	4	6.4807	4	4	4
C-11	15.6205	3	3	15.0997	3	3	3
C-12	15.7480	4	4	16.7630	5	5	3
C-13	14.4914	2	2	17.6918	2	2	2
C-14	32.1559	2	3	31.9218	3	4	2
C-15	13.4164	3	3	12.9615	3	3	3
C-16	13.6382	2	2	18.2757	2	2	2
C-17	7.0711	4	4	8.3066	4	4	4
C-18	13.7840	2	2	18.3848	2	2	2

1	2	3	4	5	6	7	8
C-19	14.0357	5	5	13.4907	5	5	5
C-20	12.8432	5	5	14.1774	5	5	5
C-21	10.340	4	4	12.3693	4	4	4
C-22	8.1853	4	4	3.7146	4	5	4
C-23	15.8114	3	3	16.1864	3	3	3
C-24	10.7703	3	3	12.8062	3	3	3
C-25	5.4772	2	2	12.5698	2	2	2
C-26	18.4932	3	3	18.7883	4	4	4
C-27	9.4868	2	2	11.7473	2	2	2
C-28	12.2474	2	2	11.9164	2	2	2
C-29	12.5699	2	2	24.2074	3	2	2
C-30	16.7631	5	5	17.1172	5	5	5
C-31	7.3485	4	4	12.3693	5	5	4
C-32	16.0624	2	2	20.4450	2	2	2
C-33	5.0990	3	3	6.6332	3	4	3
C-34	14.4222	3	4	8.1240	4	5	3
C-35	10.0499	2	2	12.0416	2	2	2
C-36	7.2801	2	2	8.1240	2	2	2
C-37	13.0767	3	3	12.0830	3	3	3
C-38	11.0905	3	3	11.4455	3	3	3
C-39	15.3297	3	3	15.8114	3	3	3
C-40	15.5242	5	5	17.8045	5	5	5
C-41	7.3485	2	2	12.4097	2	2	2
C-42	11.4455	3	3	11.7898	3	3	3
C-43	10.3441	3	3	11.7473	3	3	3

1	2	3	4	5	6	7	8
C-44	11.7898	3	3	9.4340	3	3	3
C-45	4.5826	2	2	5.3852	2	2	2
C-46	15.3297	3	3	11.3137	4	4	3
C-47	8.1240	2	2	10.2469	2	2	2
C-48	6.7823	2	2	9.0554	2	2	2
C-49	16.5831	3	3	15.7480	3	3	3
C-50	8.1240	4	4	12.0416	4	4	4
C-51	11.7047	5	5	13.1529	5	5	5
C-52	13.1529	5	5	10.6301	5	5	5
C-53	14.3527	5	5	15.2315	5	5	5
C-54	13.7477	4	5	15.2643	4	5	4
C-55	8.3066	2	2	10.2469	2	2	2
C-56	15.9374	3	3	15.5885	3	3	3
C-57	12.8062	3	3	14.4222	3	3	3
C-58	12.7671	3	3	13.7477	3	3	3
C-59	10.6771	4	4	10.7703	4	4	4
C-60	9.7979	2	2	14.3527	2	2	2
C-61	12.5299	5	5	10.0499	5	5	5
C-62	10.4403	5	5	11.1803	5	5	5
C-63	11.3578	3	3	14.7648	3	3	3
C-64	7.3485	4	4	8.2462	4	4	4
C-65	13.0385	4	4	10.3441	4	5	4
C-66	10.4881	2	2	15.1657	2	3	2
C-67	12.0416	2	2	15.5299	2	2	2
C-68	6.7823	2	2	10.0499	2	2	2

1	2	3	4	5	6	7	8
C-69	10.8628	5	5	10.0995	5	5	5
C-70	2.4495	2	2	7.0711	2	2	2
C-71	18.8680	3	2	20.0997	3	3	3
C-72	14.4914	3	3	16.0935	3	3	3
C-73	10.0000	5	4	17.9165	5	4	5
C-74	5.4772	4	4	13.1529	5	5	4
C-75	8.6023	4	4	10.3923	4	4	4
C-76	11.8322	5	5	10.0499	5	5	5
C-77	10.4403	5	5	16.6433	5	5	5
C-78	11.8743	5	5	14.8661	5	5	5
C-79	12.4499	5	5	12.0416	5	5	5
C-80	12.5299	5	5	15.3623	5	5	5
Rata-rata	12.61516			13.97515			



Lampiran 6. Hasil perhitungan *Precision*, *Recall*, *Specificity*, dan *Accuracy* pada Proses Evaluasi Sistem Menggunakan Metode *Euclidean Distance*

1. Validasi dan Evaluasi Sistem pada *Smartphone 8 MP*

		PREDIKSI			
		BWD₂ (A)	BWD₃ (B)	BWD₄ (C)	BWD₅ (D)
AKTUAL	BWD₂ (A)	22	1	0	0
	BWD₃ (B)	2	20	1	0
	BWD₄ (C)	0	1	13	1
	BWD₅ (D)	0	0	1	18

$$Precision = \frac{\sum_{i=1}^l TP_i}{\sum_{i=1}^l TP_i + FP_i} \times 100\%$$

$$Precision TP_{BWD_2} = \frac{22}{22 + (2 + 0 + 0)} \times 100\%$$

$$= \frac{22}{24} \times 100\%$$

$$= 0,9167 = 91,67\%$$

$$Precision TP_{BWD_3} = \frac{20}{20 + (1 + 1 + 0)} \times 100\%$$

$$= \frac{20}{22} \times 100\%$$

$$= 0,9091 = 90,91\%$$

$$Precision TP_{BWD_4} = \frac{13}{13 + (1 + 1 + 0)} \times 100\%$$

$$= \frac{13}{15} \times 100\%$$

$$= 0,8667 = 86,67\%$$

$$Precision TP_{BWD_5} = \frac{18}{18 + (1 + 0 + 0)} \times 100\%$$

$$= \frac{18}{19} \times 100\%$$

$$= 0,9474 = 94,74\%$$

$$\text{Sensitivity (Recall)} = \frac{\sum_{i=1}^l TP_i}{\sum_{i=1}^l TP_i + FN_i} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Sensitivity (Recall)} TP_{BWD2} &= \frac{22}{22+(1+0+0)} \times 100\% \\ &= \frac{22}{23} \times 100\% \\ &= 0,9565 = 95,65\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sensitivity (Recall)} TP_{BWD3} &= \frac{20}{20+(2+1+0)} \times 100\% \\ &= \frac{20}{23} \times 100\% \\ &= 0,8696 = 86,96\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sensitivity (Recall)} TP_{BWD4} &= \frac{13}{13+(1+1+0)} \times 100\% \\ &= \frac{13}{15} \times 100\% \\ &= 0,8667 = 86,67\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sensitivity (Recall)} TP_{BWD5} &= \frac{18}{18+1+0+0} \times 100\% \\ &= \frac{18}{19} \times 100\% \\ &= 0,9474 = 94,74\% \end{aligned}$$

$$\text{Specificity} = \frac{\sum_{i=1}^l TN_i}{\sum_{i=1}^l TN_i + FP_i} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Specificity } TP_{BWD2} &= \frac{4}{4+2} \times 100\% \\ &= \frac{4}{6} \times 100\% \\ &= 0,6667 = 66,67\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Specificity } TP_{BWD3} &= \frac{2}{2+2} \times 100\% \\ &= \frac{2}{4} \times 100\% \\ &= 0,50 = 50\% \end{aligned}$$

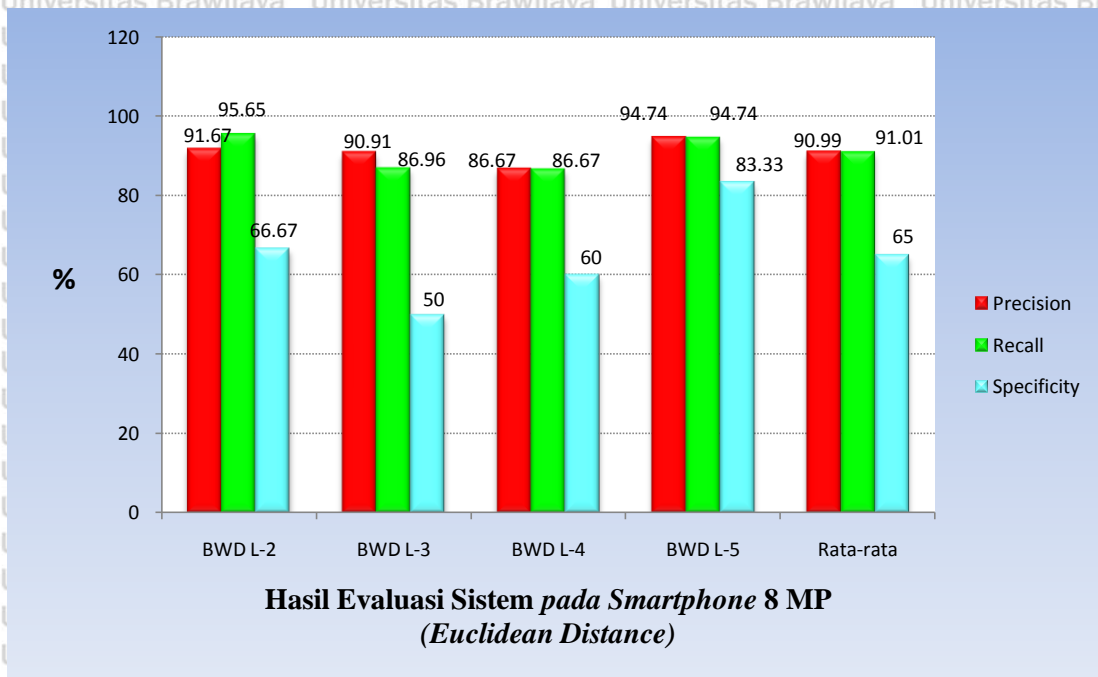
$$\begin{aligned} \text{Specificity } TP_{BWD4} &= \frac{3}{3+2} \times 100\% \\ &= \frac{3}{5} \times 100\% \\ &= 0,60 = 60\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Specificity } TP_{BWD5} &= \frac{5}{5+1} \times 100\% \\ &= \frac{5}{6} \times 100\% \\ &= 0,8333 = 83,33\% \end{aligned}$$

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{22+20+13+18}{22+1+2+20+1+1+13+1+1+18} \times 100\% = 91,25\%$$

Tabel 1. Hasil Perhitungan *Precision*, *Recall*, *Specificity*, dan *Accuracy* Sistem

Ket.	<i>Precision</i> (%)	<i>Recall</i> (%)	<i>Specificity</i> (%)	<i>Overall Accuracy</i> (%)
BWD L ₂	91,67	95,65	66,67	91,25
BWD L ₃	90,91	86,96	50,00	
BWD L ₄	86,67	86,67	60,00	
BWD L ₅	94,74	94,74	83,33	
Rata-rata	90,99	91,01	65,00	

Gambar 1. Grafik Hasil Evaluasi Sistem (*Euclidean Distance*) pada Smartphone 8 MP

2. Validasi dan Evaluasi Sistem pada *Smartphone 5 MP*

		<i>PREDIKSI</i>			
		<i>BWD₂ (A)</i>	<i>BWD₃ (B)</i>	<i>BWD₄ (C)</i>	<i>BWD₅ (D)</i>
<i>AKTUAL</i>	<i>BWD₂ (A)</i>	20	1	0	0
	<i>BWD₃ (B)</i>	1	19	2	0
	<i>BWD₄ (C)</i>	0	0	11	4
	<i>BWD₅ (D)</i>	0	0	1	21

$$\text{Precision} = \frac{\sum_{i=1}^l TP_i}{\sum_{i=1}^l TP_i + FP_i} \times 100\%$$

$$\text{Precision } TP_{BWD_2} = \frac{20}{20 + (1 + 0 + 0)} \times 100\%$$

$$= \frac{20}{21} \times 100\% \\ = 0,9524 = 95,24\%$$

$$\text{Precision } TP_{BWD_3} = \frac{19}{19 + (1 + 0 + 0)} \times 100\%$$

$$= \frac{19}{20} \times 100\% \\ = 0,95 = 95\%$$

$$\text{Precision } TP_{BWD_4} = \frac{11}{11 + (2 + 1 + 0)} \times 100\%$$

$$= \frac{11}{14} \times 100\% \\ = 0,7857 = 78,57\%$$

$$\text{Precision } TP_{BWD_5} = \frac{21}{21 + (4 + 0 + 0)} \times 100\%$$

$$= \frac{21}{25} \times 100\% \\ = 0,84 = 84\%$$

$$\text{Sensitivity (Recall)} = \frac{\sum_{i=1}^l TP_i}{\sum_{i=1}^l TP_i + FN_i} \times 100\%$$

$$\text{Sensitivity (Recall)} TP_{BWD_2} = \frac{20}{20 + (1 + 0 + 0)} \times 100\%$$

$$= \frac{20}{21} \times 100\% \\ = 0,9524 = 95,24\%$$

$$\text{Sensitivity (Recall)} TP_{BWD_3} = \frac{19}{19 + (1 + 2 + 0)} \times 100\%$$

$$= \frac{19}{22} \times 100\%$$

$$= 0,8636 = 86,36\%$$

$$\text{Sensitivity (Recall) } TP_{BWD4} = \frac{11}{11+(4+0+0)} \times 100\%$$

$$= \frac{11}{15} \times 100\%$$

$$= 0,7333 = 73,33\%$$

$$\text{Sensitivity (Recall) } TP_{BWD5} = \frac{21}{21+(1+0+0)} \times 100\%$$

$$= \frac{21}{22} \times 100\%$$

$$= 0,9545 = 95,45\%$$

$$\text{Specificity} = \frac{\sum_{i=1}^l TN_i}{\sum_{i=1}^l TN_i + FP_i} \times 100\%$$

$$\text{Specificity } TP_{BWD2} = \frac{7}{7+1} \times 100\%$$

$$= \frac{7}{8} \times 100\%$$

$$= 0,8750 = 87,50\%$$

$$\text{Specificity } TP_{BWD3} = \frac{5}{5+1} \times 100\%$$

$$= \frac{5}{6} \times 100\%$$

$$= 0,8333 = 83,33\%$$

$$\text{Specificity } TP_{BWD4} = \frac{2}{2+3} \times 100\%$$

$$= \frac{2}{5} \times 100\%$$

$$= 0,40 = 40\%$$

$$\text{Specificity } TP_{BWD5} = \frac{4}{4+4} \times 100\%$$

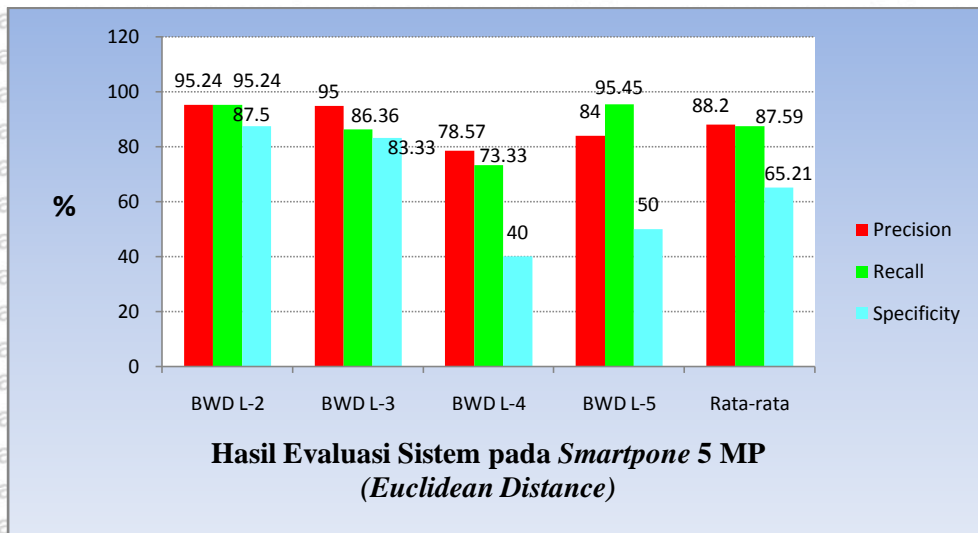
$$= \frac{4}{8} \times 100\%$$

$$= 0,50 = 50\%$$

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{20 + 19 + 11 + 21}{20 + 1 + 1 + 19 + 2 + 11 + 4 + 1 + 21} \times 100\% = \frac{71}{80} \times 100\% = 88,75\%$$

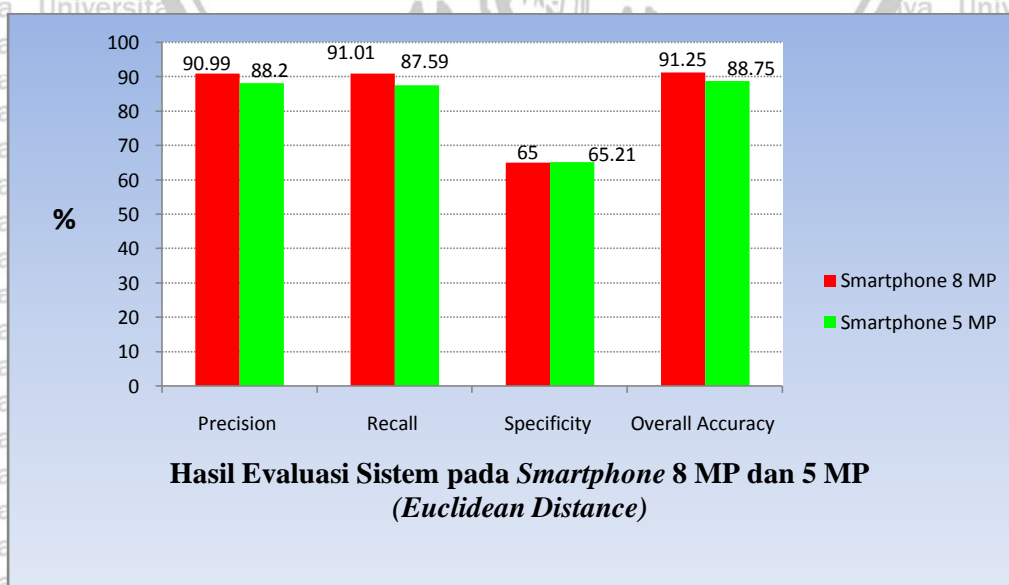
Tabel 2. Hasil Perhitungan *Precision*, *Recall*, *Specificity*, dan *Accuracy* Sistem

Ket.	<i>Precision</i> (%)	<i>Recall</i> (%)	<i>Specificity</i> (%)	<i>Overall Accuracy</i> (%)
BWD L ₂	95,24	95,24	87,50	88,75
BWD L ₃	95,00	86,36	83,33	
BWD L ₄	78,57	73,33	40,00	
BWD L ₅	84,00	95,45	50,00	
Rata-rata	88,20	87,59	65,21	

Gambar 2. Grafik Hasil Evaluasi Sistem (*Euclidean Distance*) pada Smartphone 5 MP

Tabel 3. Hasil Evaluasi Sistem pada Smartphone 8 MP dan 5 MP

	<i>Precision</i> (%)	<i>Recall</i> (%)	<i>Specificity</i> (%)	<i>Overall Accuracy</i> (%)
Smartphone 8 MP	90,99	91,01	65,00	91,25
Smartphone 5 MP	88,20	87,59	65,21	88,75



Gambar 3. Grafik Evaluasi Sistem pada Smartphone 8 MP dan 5 MP

Lampiran 7. Hasil perhitungan *Precision*, *Recall*, *Specificity*, dan *Accuracy* pada Evaluasi Hasil Klasifikasi oleh Sistem Terhadap Hasil Klasifikasi Secara Visual

1. Validasi dan Evaluasi Sistem pada *Smartphone* 8 MP

		PREDIKSI			
		BWD ₂ (A)	BWD ₃ (B)	BWD ₄ (C)	BWD ₅ (D)
AKTUAL	BWD ₂ (A)	22	1	0	0
	BWD ₃ (B)	2	19	2	0
	BWD ₄ (C)	0	2	12	1
	BWD ₅ (D)	0	0	1	18

$$Precision = \frac{\sum_{i=1}^l TP_i}{\sum_{i=1}^l TP_i + FP_i} \times 100\%$$

$$Precision TP_{BWD2} = \frac{22}{22 + (2 + 0 + 0)} \times 100\%$$

$$= \frac{22}{24} \times 100\%$$

$$= 0,9167 = 91,67\%$$

$$Precision TP_{BWD3} = \frac{19}{19 + (2 + 1 + 0)} \times 100\%$$

$$Precision TP_{BWD4} = \frac{12}{12 + (2 + 1 + 0)} \times 100\%$$

$$= \frac{12}{15} \times 100\%$$

$$= 0,80 = 80\%$$

$$Precision TP_{BWD5} = \frac{18}{18 + (1 + 0 + 0)} \times 100\%$$

$$= \frac{18}{19} \times 100\%$$

$$= 0,9474 = 94,74\%$$

$$Sensitivity (Recall) = \frac{\sum_{i=1}^l TP_i}{\sum_{i=1}^l TP_i + FN_i} \times 100\%$$

$$Sensitivity (Recall) TP_{BWD2} = \frac{22}{22 + (1 + 0 + 0)} \times 100\%$$

$$= \frac{22}{23} \times 100\%$$

$$= 0,9565 = 95,65\%$$

$$\begin{aligned} \text{Sensitivity (Recall)} TP_{BWD3} &= \frac{19}{19+(2+2+0)} \times 100\% \\ &= \frac{19}{23} \times 100\% \\ &= 0,8261 = 82,61\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sensitivity (Recall)} TP_{BWD4} &= \frac{12}{12+(2+1+0)} \times 100\% \\ &= \frac{12}{15} \times 100\% \\ &= 0,80 = 80\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sensitivity (Recall)} TP_{BWD5} &= \frac{18}{18+(1+0+0)} \times 100\% \\ &= \frac{18}{19} \times 100\% \\ &= 0,9474 = 94,74\% \end{aligned}$$

$$\text{Specificity} = \frac{\sum_{i=1}^l TN_i}{\sum_{i=1}^l TN_i + FP_i} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Specificity } TP_{BWD2} &= \frac{6}{6+2} \times 100\% \\ &= \frac{6}{8} \times 100\% \\ &= 0,75 = 75\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Specificity } TP_{BWD3} &= \frac{2}{2+3} \times 100\% \\ &= \frac{2}{5} \times 100\% \\ &= 0,40 = 40\% \end{aligned}$$

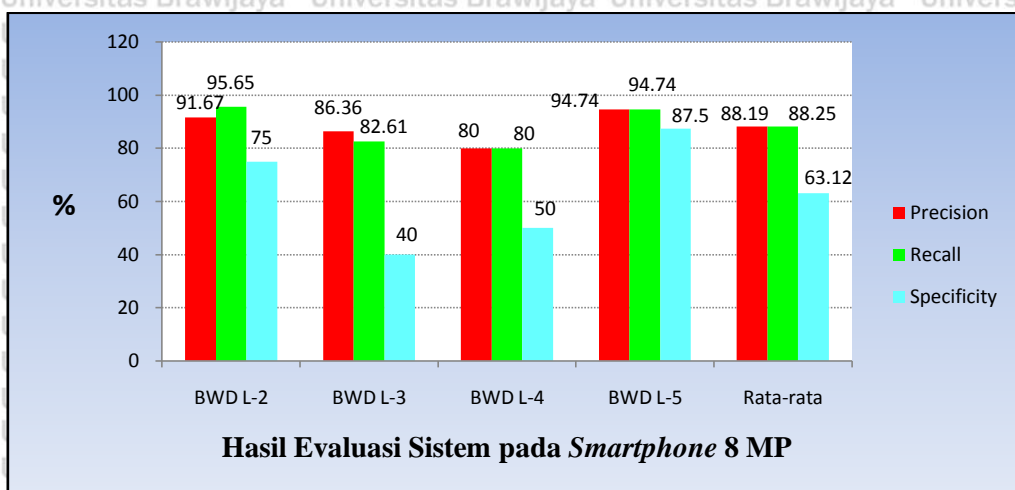
$$\begin{aligned} \text{Specificity } TP_{BWD4} &= \frac{3}{3+3} \times 100\% \\ &= \frac{3}{6} \times 100\% \\ &= 0,50 = 50\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Specificity } TP_{BWD5} &= \frac{7}{7+1} \times 100\% \\ &= \frac{7}{8} \times 100\% \\ &= 0,8750 = 87,50\% \end{aligned}$$

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{22+19+12+18}{22+1+2+19+2+2+12+1+1+18} \times 100\% = 88,75\%$$

Tabel 1. Hasil Perhitungan *Precision*, *Recall*, *Specificity*, dan *Accuracy* Sistem

Ket.	<i>Precision</i> (%)	<i>Recall</i> (%)	<i>Specificity</i> (%)	<i>Overall Accuracy</i> (%)
BWD L ₂	91,67	95,65	75,00	88,75
BWD L ₃	86,36	82,61	40,00	
BWD L ₄	80,00	80,00	50,00	
BWD L ₅	94,74	94,74	87,50	
Rata-rata	88,19	88,25	63,12	



Gambar 1. Grafik Hasil Evaluasi Sistem pada Smartphone 8 MP

2. Validasi dan Evaluasi Sistem pada Smartphone 5 MP

		PREDIKSI			
		BWD ₂ (A)	BWD ₃ (B)	BWD ₄ (C)	BWD ₅ (D)
AKTUAL	BWD ₂ (A)	21	1	1	0
	BWD ₃ (B)	0	19	2	2
	BWD ₄ (C)	0	0	10	5
	BWD ₅ (D)	0	0	1	18

$$Precision = \frac{\sum_{i=1}^l TP_i}{\sum_{i=1}^l TP_i + FP_i} \times 100\%$$

$$Precision TP_{BWD2} = \frac{21}{21 + (0 + 0 + 0)} \times 100\%$$

$$= \frac{21}{21} \times 100\%$$

$$= 1 = 100\%$$

$$Precision TP_{BWD3} = \frac{19}{19 + (1 + 0 + 0)} \times 100\%$$

$$= \frac{19}{20} \times 100\%$$

$$= 0,95 = 95\%$$

$$\begin{aligned} \text{Precision } TP_{BWD4} &= \frac{10}{10+(1+2+1)} \times 100\% \\ &= \frac{10}{14} \times 100\% \\ &= 0,7143 = 71,43\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Precision } TP_{BWD5} &= \frac{18}{18+(2+5+0)} \times 100\% \\ &= \frac{18}{25} \times 100\% \\ &= 0,72 = 72\% \end{aligned}$$

$$\text{Sensitivity (Recall)} = \frac{\sum_{i=1}^l TP_i}{\sum_{i=1}^l TP_i + FN_i} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Sensitivity (Recall)} TP_{BWD2} &= \frac{21}{21+(1+1+0)} \times 100\% \\ &= \frac{21}{23} \times 100\% \\ &= 0,9130 = 91,30\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sensitivity (Recall)} TP_{BWD3} &= \frac{19}{19+(2+2+0)} \times 100\% \\ &= \frac{19}{23} \times 100\% \\ &= 0,8261 = 82,61\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sensitivity (Recall)} TP_{BWD4} &= \frac{10}{10+(5+0+0)} \times 100\% \\ &= \frac{10}{15} \times 100\% \\ &= 0,6667 = 66,67\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sensitivity (Recall)} TP_{BWD5} &= \frac{18}{18+(1+0+0)} \times 100\% \\ &= \frac{18}{19} \times 100\% \\ &= 0,9474 = 94,74\% \end{aligned}$$

$$\text{Specificity} = \frac{\sum_{i=1}^I \text{TN}_i}{\sum_{i=1}^I \text{TN}_i + \text{FP}_i} \times 100\%$$

$$\text{Specificity } TP_{BWD2} = \frac{10}{10+0} \times 100\%$$

$$= \frac{10}{10} \times 100\%$$

$$= 1 = 100\%$$

$$\text{Specificity } TP_{BWD3} = \frac{7}{7+1} \times 100\%$$

$$= \frac{7}{8} \times 100\%$$

$$= 0,8750 = 87,50\%$$

$$\text{Specificity } TP_{BWD4} = \frac{3}{3+4} \times 100\%$$

$$= \frac{3}{7} \times 100\%$$

$$= 0,4286 = 42,86\%$$

$$\text{Specificity } TP_{BWD5} = \frac{3}{3+7} \times 100\%$$

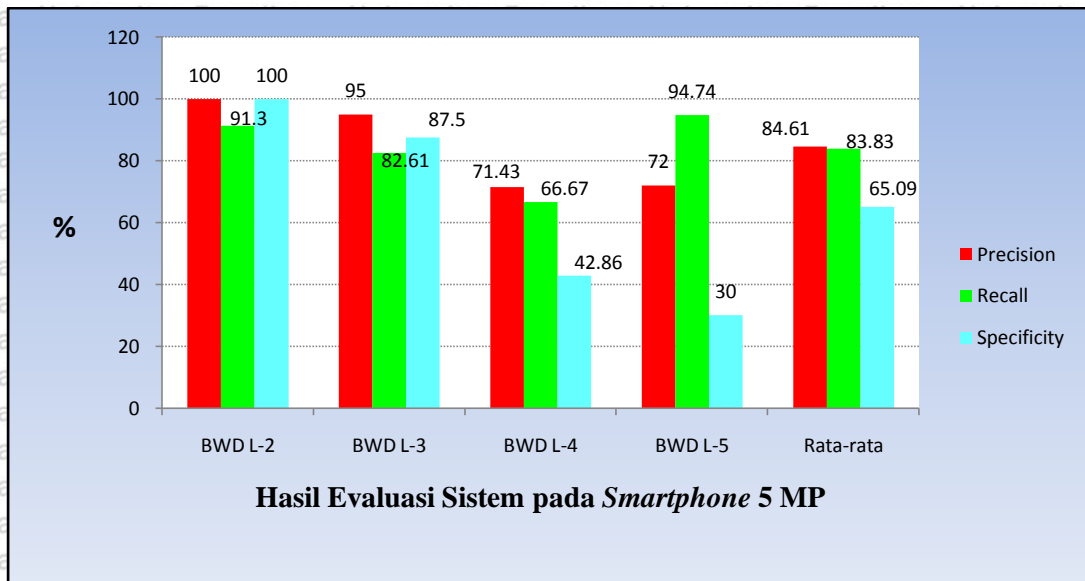
$$= \frac{3}{10} \times 100\%$$

$$= 0,30 = 30\%$$

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{21+19+10+18}{21+1+1+19+2+2+10+5+1+18} \times 100\% = \frac{68}{80} \times 100\% = 85\%$$

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Precision*, *Recall*, *Specificity*, dan *Accuracy* Sistem

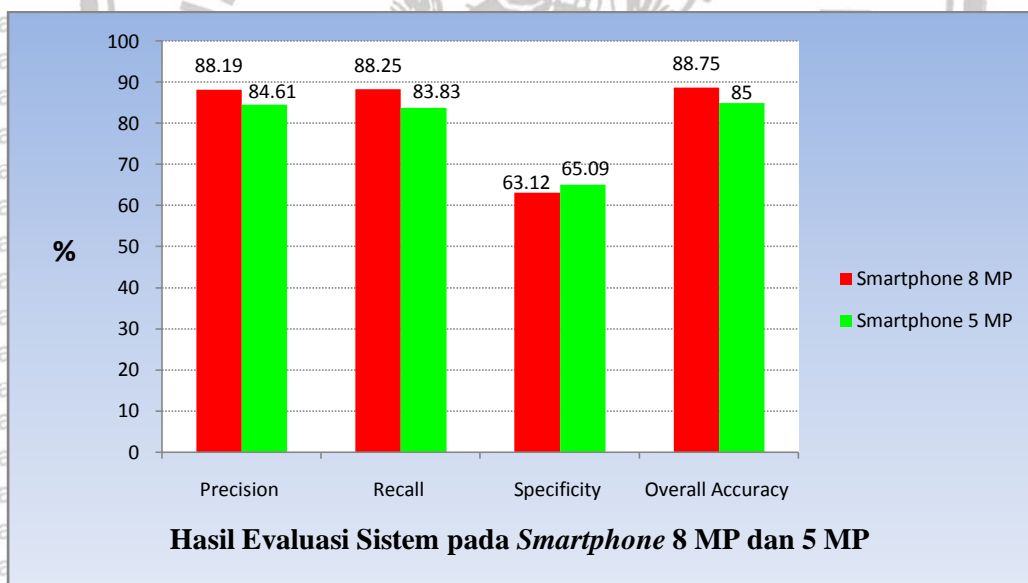
Ket.	<i>Precision</i> (%)	<i>Recall</i> (%)	<i>Specificity</i> (%)	<i>Overall Accuracy</i> (%)
BWD L ₂	100	91,30	100	85,00
BWD L ₃	95,00	82,61	87,50	
BWD L ₄	71,43	66,67	42,86	
BWD L ₅	72,00	94,74	30,00	
Rata-rata	84,61	83,83	65,09	



Gambar 2. Grafik Hasil Evaluasi Sistem pada Smartphone 5 MP

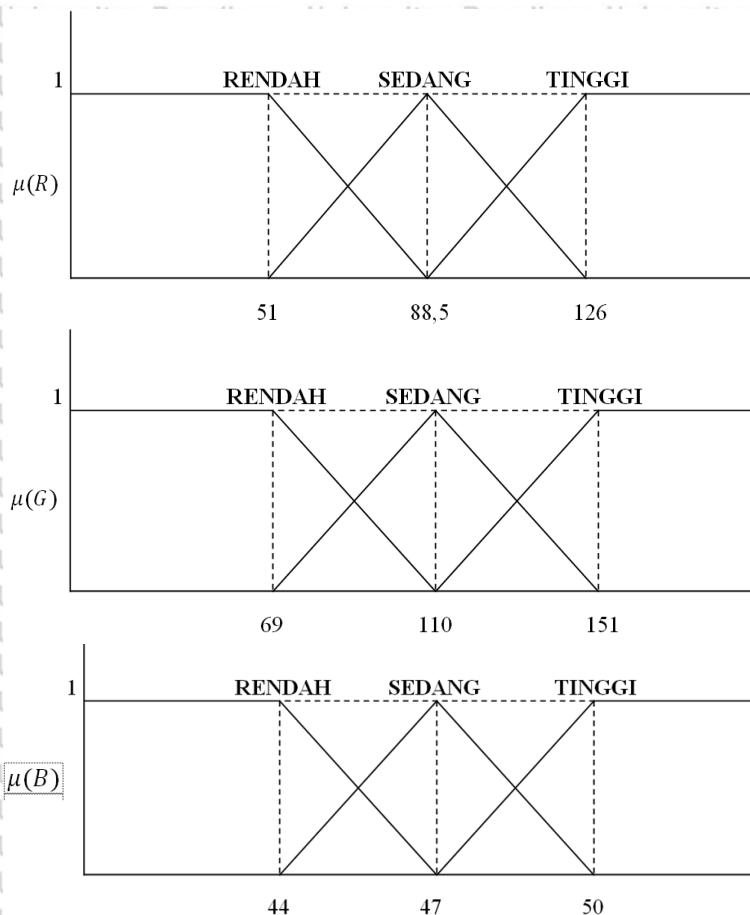
Tabel 3. Hasil Evaluasi Sistem pada Smartphone 8 MP dan 5 MP

	Precision (%)	Recall (%)	Specificity (%)	Overall Accuracy (%)
Smartphone 8 MP	88,19	88,25	63,12	88,75
Smartphone 5 MP	84,61	83,83	65,09	85,00



Gambar 3. Grafik Evaluasi Sistem pada Smartphone 8 MP dan 5 MP

Lampiran 8. Contoh Perhitungan Dalam Proses Pembentukan Aturan Fuzzy Logic



1. C-31 (Data Latih)

$R = 54$; $G = 71$; $B = 49$

■ **Red (R) = 54**

$$\mu_{\text{rendah}}(R) = \begin{cases} 0; & R \geq 88.5 \\ (88.5 - R)/(88.5 - 51); & 51 < R < 88.5 \\ 1; & R \leq 51 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{sedang}}(R) = \begin{cases} 0; & R \leq 51 \text{ atau } R \geq 126 \\ (R - 51)/(88.5 - 51); & 51 < R < 88.5 \\ (126 - R)/(126 - 88.5); & 88.5 < R < 126 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{rendah}}(54) = (88.5 - 54)/(88.5 - 51) = 0,92$$

$$\mu_{\text{sedang}}(54) = (54 - 51)/(88.5 - 51) = 0,08$$

Max = 0,92 = **RENDAH**

■ **Green (G) = 71**

$$\mu_{\text{rendah}}(G) = \begin{cases} 0; & G \geq 110 \\ (110 - G)/(110 - 69); & 69 < G < 110 \\ 1; & G \leq 69 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{sedang}}(G) = \begin{cases} 0; & G \leq 69 \text{ atau } G \geq 151 \\ (G - 69)/(110 - 69); & 69 < G < 110 \\ (151 - G)/(151 - 110); & 110 < G < 151 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{rendah}}(71) = (110 - 71)/(110 - 69) = 0,95$$

$$\mu_{\text{sedang}}(71) = (71 - 69)/(110 - 69) = 0,05$$

Max = 0,95 = **RENDAH**

■ **Blue (B) = 49**

$$\mu \text{ sedang (B)} = \begin{cases} 0; & B \leq 44 \text{ atau } B \geq 50 \\ (B - 44)/(47 - 44); & 44 < B < 47 \\ (50 - B)/(50 - 47); & 47 < B < 50 \end{cases}$$

$$\mu \text{ tinggi (B)} = \begin{cases} 0; & B \leq 47 \\ (B - 47)/(50 - 47); & 47 < B < 50 \\ 1; & B \geq 50 \end{cases}$$

$$\mu \text{ sedang (49)} = (50 - 49)/(50 - 47) = 0,33$$

$$\mu \text{ tinggi (49)} = (49 - 47)/(50 - 47) = 0,67$$

Max = 0,67 = **TINGGI**

If R_{Rendah} AND G_{Rendah} AND B_{Tinggi}, Then BWD 5

2. C-33 (Data Latih)

R = 52 ;

G = 70;

B = 46

■ **Red (R) = 52**

$$\mu \text{ rendah (R)} = \begin{cases} 0; & R \geq 88,5 \\ (88,5 - R)/(88,5 - 51); & 51 < R < 88,5 \\ 1; & R \leq 51 \end{cases}$$

$$\mu \text{ sedang (R)} = \begin{cases} 0; & R \leq 51 \text{ atau } R \geq 126 \\ (R - 51)/(88,5 - 51); & 51 < R < 88,5 \\ (126 - R)/(126 - 88,5); & 88,5 < R < 126 \end{cases}$$

$$\mu \text{ rendah (52)} = (88,5 - 52)/(88,5 - 51) = 0,97$$

$$\mu \text{ sedang (52)} = (52 - 51)/(88,5 - 51) = 0,03$$

Max = 0,97 = **RENDAH**

■ **Green (G) = 70**

$$\mu \text{ rendah (G)} = \begin{cases} 0; & G \geq 110 \\ (110 - G)/(110 - 69); & 69 < G < 110 \\ 1; & G \leq 69 \end{cases}$$

$$\mu \text{ sedang (G)} = \begin{cases} 0; & G \leq 69 \text{ atau } G \geq 151 \\ (G - 69)/(110 - 69); & 69 < G < 110 \\ (151 - G)/(151 - 110); & 110 < G < 151 \end{cases}$$

$$\mu \text{ rendah (70)} = (110 - 70)/(110 - 69) = 0,98$$

$$\mu \text{ sedang (70)} = (70 - 69)/(110 - 69) = 0,02$$

Max = 0,98 = **RENDAH**

■ **Blue (B) = 46**

$$\mu \text{ rendah (B)} = \begin{cases} 0; & B \geq 47 \\ (47 - B)/(47 - 44); & 44 < B < 47 \\ 1; & B \leq 44 \end{cases}$$

$$\mu \text{ sedang (B)} = \begin{cases} 0; & B \leq 44 \text{ atau } B \geq 50 \\ (B - 44)/(47 - 44); & 44 < B < 47 \\ (50 - B)/(50 - 47); & 47 < B < 50 \end{cases}$$

$$\mu \text{ rendah (46)} = (47 - 46)/(47 - 44) = 0,33$$

$$\mu \text{ sedang (46)} = (46 - 44)/(47 - 44) = 0,67$$

Max = 0,67 = **SEDANG**

If R_{Rendah} AND G_{Rendah} AND B_{Sedang}, Then BWD 5

3. C-34 (Data Latih)

$$R = 52; \quad G = 70; \quad B = 45$$

$$\blacksquare \text{ Red } (R) = 52$$

$$\mu \text{ rendah } (R) = \begin{cases} 0; & R \geq 88,5 \\ (88,5 - R)/(88,5 - 51); & 51 < R < 88,5 \\ 1; & R \leq 51 \end{cases}$$

$$\mu \text{ sedang } (R) = \begin{cases} 0; & R \leq 51 \text{ atau } R \geq 126 \\ (R - 51)/(88,5 - 51); & 51 < R < 88,5 \\ (126 - R)/(126 - 88,5); & 88,5 < R < 126 \end{cases}$$

$$\mu \text{ rendah } (52) = (88,5 - 52)/(88,5 - 51) = 0,97$$

$$\mu \text{ sedang } (52) = (52 - 51)/(88,5 - 51) = 0,03$$

$$\text{Max} = 0,97 = \text{RENDAH}$$

$$\blacksquare \text{ Green } (G) = 70$$

$$\mu \text{ rendah } (G) = \begin{cases} 0; & G \geq 110 \\ (110 - G)/(110 - 69); & 69 < G < 110 \\ 1; & G \leq 69 \end{cases}$$

$$\mu \text{ sedang } (G) = \begin{cases} 0; & G \leq 69 \text{ atau } G \geq 151 \\ (G - 69)/(110 - 69); & 69 < G < 110 \\ (151 - G)/(151 - 110); & 110 < G < 151 \end{cases}$$

$$\mu \text{ rendah } (70) = (110 - 70)/(110 - 69) = 0,98$$

$$\mu \text{ sedang } (70) = (70 - 69)/(110 - 69) = 0,02$$

$$\text{Max} = 0,98 = \text{RENDAH}$$

$$\blacksquare \text{ Blue } (B) = 45$$

$$\mu \text{ rendah } (B) = \begin{cases} 0; & B \geq 47 \\ (47 - B)/(47 - 44); & 44 < B < 47 \\ 1; & B \leq 44 \end{cases}$$

$$\mu \text{ sedang } (B) = \begin{cases} 0; & B \leq 44 \text{ atau } B \geq 50 \\ (B - 44)/(47 - 44); & 44 < B < 47 \\ (50 - B)/(50 - 47); & 47 < B < 50 \end{cases}$$

$$\mu \text{ rendah } (45) = (47 - 45)/(47 - 44) = 0,67$$

$$\mu \text{ sedang } (45) = (45 - 44)/(47 - 44) = 0,33$$

$$\text{Max} = 0,67 = \text{RENDAH}$$

If R_{Rendah} AND G_{Rendah} AND B_{Rendah} , Then BWD 5

4. C-21 (Data Latih)

$$R = 66; \quad G = 97; \quad B = 47$$

$$\blacksquare \text{ Red } (R) = 66$$

$$\mu \text{ rendah } (R) = \begin{cases} 0; & R \geq 88,5 \\ (88,5 - R)/(88,5 - 51); & 51 < R < 88,5 \\ 1; & R \leq 51 \end{cases}$$

$$\mu \text{ sedang } (R) = \begin{cases} 0; & R \leq 51 \text{ atau } R \geq 126 \\ (R - 51)/(88,5 - 51); & 51 < R < 88,5 \\ (126 - R)/(126 - 88,5); & 88,5 < R < 126 \end{cases}$$

$$\mu \text{ rendah } (66) = (88,5 - 66)/(88,5 - 51) = 0,60$$

$$\mu \text{ sedang } (66) = (66 - 51)/(88,5 - 51) = 0,40$$

$$\text{Max} = 0,60 = \text{RENDAH}$$

■ **Green (G) = 97**

$$\mu \text{ rendah (G)} = \begin{cases} 0; & G \geq 110 \\ (110 - G)/(110 - 69); & 69 < G < 110 \\ 1; & G \leq 69 \end{cases}$$

$$\mu \text{ sedang (G)} = \begin{cases} 0; & G \leq 69 \text{ atau } G \geq 151 \\ (G - 69)/(110 - 69); & 69 < G < 110 \\ (151 - G)/(151 - 110); & 110 < G < 151 \end{cases}$$

$$\mu \text{ rendah (97)} = (110 - 97)/(110 - 69) = 0,32$$

$$\mu \text{ sedang (97)} = (97 - 69)/(110 - 69) = 0,68$$

Max = 0,68 = **SEDANG**

■ **Blue (B) = 47**

$$\mu \text{ sedang (B)} = \begin{cases} 0; & B \leq 44 \text{ atau } B \geq 50 \\ (B - 44)/(47 - 44); & 44 < B < 47 \\ (50 - B)/(50 - 47); & 47 < B < 50 \end{cases}$$

$$\mu \text{ sedang (47)} = 1$$

Max = 1 = **SEDANG**

If R_{Rendah} AND G_{Sedang} AND B_{Sedang}, Then BWD 4

5. C-22 (Data Latih)

R = 66 ; G = 95; B = 49

■ **Red (R) = 66**

$$\mu \text{ rendah (R)} = \begin{cases} 0; & R \geq 88,5 \\ (88,5 - R)/(88,5 - 51); & 51 < R < 88,5 \\ 1; & R \leq 51 \end{cases}$$

$$\mu \text{ sedang (R)} = \begin{cases} 0; & R \leq 51 \text{ atau } R \geq 126 \\ (R - 51)/(88,5 - 51); & 51 < R < 88,5 \\ (126 - R)/(126 - 88,5); & 88,5 < R < 126 \end{cases}$$

$$\mu \text{ rendah (66)} = (88,5 - 66)/(88,5 - 51) = 0,60$$

$$\mu \text{ sedang (66)} = (66 - 51)/(88,5 - 51) = 0,40$$

Max = 0,60 = **RENDAH**

■ **Green (G) = 95**

$$\mu \text{ rendah (G)} = \begin{cases} 0; & G \geq 110 \\ (110 - G)/(110 - 69); & 69 < G < 110 \\ 1; & G \leq 69 \end{cases}$$

$$\mu \text{ sedang (G)} = \begin{cases} 0; & G \leq 69 \text{ atau } G \geq 151 \\ (G - 69)/(110 - 69); & 69 < G < 110 \\ (151 - G)/(151 - 110); & 110 < G < 151 \end{cases}$$

$$\mu \text{ rendah (95)} = (110 - 95)/(110 - 69) = 0,37$$

$$\mu \text{ sedang (95)} = (95 - 69)/(110 - 69) = 0,63$$

Max = 0,63 = **SEDANG**

■ **Blue (B) = 49**

$$\mu \text{ sedang (B)} = \begin{cases} 0; & B \leq 44 \text{ atau } B \geq 50 \\ (B - 44)/(47 - 44); & 44 < B < 47 \\ (50 - B)/(50 - 47); & 47 < B < 50 \end{cases}$$

$$\mu \text{ tinggi (B)} = \begin{cases} 0; & B \leq 47 \\ (B - 47)/(50 - 47); & 47 < B < 50 \\ 1; & B \geq 50 \end{cases}$$

$$\mu \text{ tinggi (49)} = (49 - 47)/(50 - 47) = 0,67$$

Max = 0,67 = **TINGGI**

$$\mu \text{ sedang (49)} = (50 - 49)/(50 - 47) = 0,33$$

$$\mu \text{ tinggi (49)} = (49 - 47)/(50 - 47) = 0,67$$

Max = 0,67 = **TINGGI**

If R_{Rendah} AND G_{Sedang} AND B_{Tinggi}, Then BWD 4

6. C-11 (Data Latih)

$$R = 88; \quad G = 122; \quad B = 46$$

■ **Red (R) = 88**

$$\mu \text{ rendah (R)} = \begin{cases} 0; & R \geq 88,5 \\ (88,5 - R)/(88,5 - 51); & 51 < R < 88,5 \\ 1; & R \leq 51 \end{cases}$$

$$\mu \text{ sedang (R)} = \begin{cases} 0; & R \leq 51 \text{ atau } R \geq 126 \\ (R - 51)/(88,5 - 51); & 51 < R < 88,5 \\ (126 - R)/(126 - 88,5); & 88,5 < R < 126 \end{cases}$$

$$\mu \text{ rendah (88)} = (88,5 - 88)/(88,5 - 51) = 0,01$$

$$\mu \text{ sedang (88)} = (88 - 51)/(88,5 - 51) = 0,97$$

Max = 0,97 = **SEDANG**

■ **Green (G) = 122**

$$\mu \text{ sedang (G)} = \begin{cases} 0; & G \leq 69 \text{ atau } G \geq 151 \\ (G - 69)/(110 - 69); & 69 < G < 110 \\ (151 - G)/(151 - 110); & 110 < G < 151 \end{cases}$$

$$\mu \text{ tinggi (G)} = \begin{cases} 0; & G \leq 110 \\ (G - 110)/(151 - 110); & 110 < G < 151 \\ 1; & G \geq 151 \end{cases}$$

$$\mu \text{ sedang (122)} = (151 - 122)/(151 - 110) = 0,71$$

$$\mu \text{ tinggi (122)} = (122 - 110)/(151 - 110) = 0,29$$

Max = 0,71 = **SEDANG**

■ **Blue (B) = 46**

$$\mu \text{ rendah (B)} = \begin{cases} 0; & B \geq 47 \\ (47 - B)/(47 - 44); & 44 < B < 47 \\ 1; & B \leq 44 \end{cases}$$

$$\mu \text{ sedang (B)} = \begin{cases} 0; & B \leq 44 \text{ atau } B \geq 50 \\ (B - 44)/(47 - 44); & 44 < B < 47 \\ (50 - B)/(50 - 47); & 47 < B < 50 \end{cases}$$

$$\mu \text{ rendah (46)} = (47 - 46)/(47 - 44) = 0,33$$

$$\mu \text{ sedang (46)} = (46 - 44)/(47 - 44) = 0,67$$

Max = 0,67 = **SEDANG**

If R_{Sedang} AND G_{Sedang} AND B_{Sedang}, Then BWD 3

7. **C-1 (Data Latih)**

$$R = 126; \quad G = 151; \quad B = 50$$

$$\blacksquare \text{ Red } (R) = 126$$

$$\mu_{\text{tinggi}}(R) = \begin{cases} 0; & R \leq 88,5 \\ (R - 88,5)/(126 - 88,5); & 88,5 < R < 126 \\ 1; & R \geq 126 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{tinggi}}(126) = 1$$

$$\text{Max} = 1 = \text{TINGGI}$$

$$\blacksquare \text{ Green } (G) = 151$$

$$\mu_{\text{tinggi}}(G) = \begin{cases} 0; & G \leq 110 \\ (G - 110)/(151 - 110); & 110 < G < 151 \\ 1; & G \geq 151 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{tinggi}}(151) = 1$$

$$\text{Max} = 1 = \text{TINGGI}$$

$$\blacksquare \text{ Blue } (B) = 50$$

$$\mu_{\text{tinggi}}(B) = \begin{cases} 0; & B \leq 47 \\ (B - 47)/(50 - 47); & 47 < B < 50 \\ 1; & B \geq 50 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{tinggi}}(50) = 1$$

$$\text{Max} = 1 = \text{TINGGI}$$

If R_{tinggi} AND G_{tinggi} AND B_{tinggi} , Then BWD 2



Lampiran 9. Contoh Perhitungan Jarak Terdekat (*Euclidean Distance*)

-----BWD2

<0>latih 126 151 50 uji 123 140 38 euclidean = 16.55294535724685
 <1>latih 126 150 49 uji 123 140 38 euclidean = 15.165750888103101
 <2>latih 125 150 50 uji 123 140 38 euclidean = 15.748015748023622
 <3>latih 126 151 49 uji 123 140 38 euclidean = 15.84297951775486
 <4>latih 125 148 50 uji 123 140 38 euclidean = 14.560219778561036
 <5>latih 125 149 49 uji 123 140 38 euclidean = 14.352700094407323
 <6>latih 126 149 49 uji 123 140 38 euclidean = 14.52583904633395
 <7>latih 126 150 50 uji 123 140 38 euclidean = 15.905973720586866
 <8>latih 125 149 48 uji 123 140 38 euclidean = 13.601470508735444
 <9>latih 125 150 48 uji 123 140 38 euclidean = 14.2828568570857
 min = 13.601470508735444

-----BWD3

<0>latih 88 122 46 uji 123 140 38 euclidean = 40.162171256046406
 <1>latih 88 122 47 uji 123 140 38 euclidean = 40.3732584763727
 <2>latih 88 121 46 uji 123 140 38 euclidean = 40.620192023179804
 <3>latih 89 122 47 uji 123 140 38 euclidean = 39.50949253027682
 <4>latih 88 122 47 uji 123 140 38 euclidean = 40.3732584763727
 <5>latih 86 122 46 uji 123 140 38 euclidean = 41.916583830269374
 <6>latih 88 121 46 uji 123 140 38 euclidean = 40.620192023179804
 <7>latih 87 123 47 uji 123 140 38 euclidean = 40.8166632639171
 <8>latih 89 122 47 uji 123 140 38 euclidean = 39.50949253027682
 <9>latih 88 122 47 uji 123 140 38 euclidean = 40.3732584763727
 min = 39.50949253027682

-----BWD4

<0>latih 66 97 47 uji 123 140 38 euclidean = 71.96526940128828
 <1>latih 66 95 49 uji 123 140 38 euclidean = 73.45066371381542
 <2>latih 65 96 47 uji 123 140 38 euclidean = 73.35529974037323
 <3>latih 67 96 47 uji 123 140 38 euclidean = 71.78439941937245
 <4>latih 64 93 46 uji 123 140 38 euclidean = 75.85512507405153
 <5>latih 66 96 46 uji 123 140 38 euclidean = 72.44998274671983
 <6>latih 64 94 46 uji 123 140 38 euclidean = 75.23961722390672
 <7>latih 65 95 46 uji 123 140 38 euclidean = 73.84443106964804
 <8>latih 65 94 46 uji 123 140 38 euclidean = 74.45804187594514
 <9>latih 64 93 47 uji 123 140 38 euclidean = 75.9670981412348
 min = 71.78439941937245

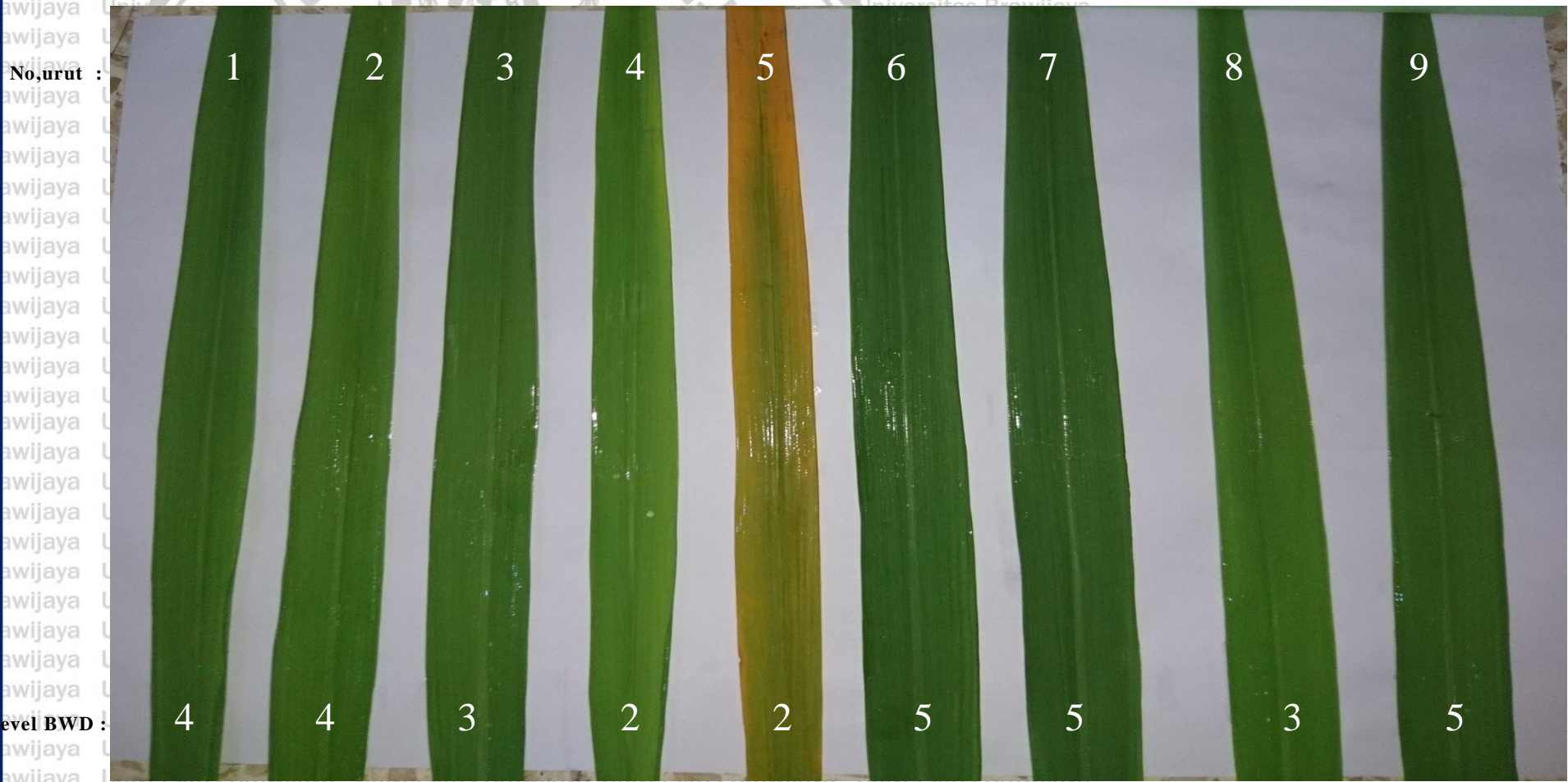
-----BWD5

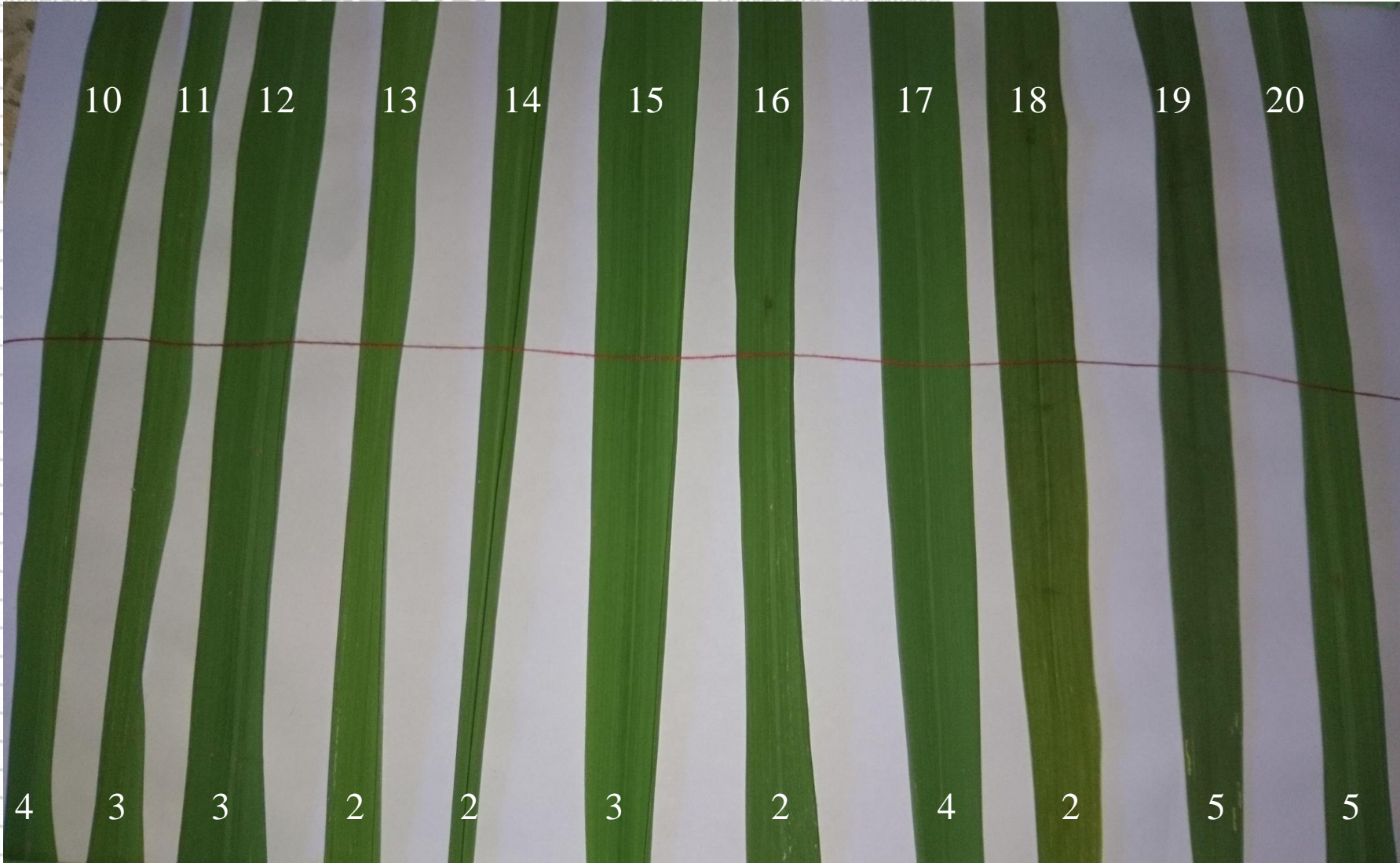
<0>latih 54 71 49 uji 123 140 38 euclidean = 98.19877799647
 <1>latih 51 70 45 uji 123 140 38 euclidean = 100.66280345788111
 <2>latih 52 70 46 uji 123 140 38 euclidean = 100.024996875781
 <3>latih 52 70 45 uji 123 140 38 euclidean = 99.9499874937461
 <4>latih 51 69 45 uji 123 140 38 euclidean = 101.36074190730847
 <5>latih 52 70 45 uji 123 140 38 euclidean = 99.9499874937461
 <6>latih 51 69 44 uji 123 140 38 euclidean = 101.29659421717987
 <7>latih 52 69 45 uji 123 140 38 euclidean = 100.65286881157436
 <8>latih 52 70 45 uji 123 140 38 euclidean = 99.9499874937461
 <9>latih 55 72 50 uji 123 140 38 euclidean = 96.91233151668574
 min = 96.91233151668574

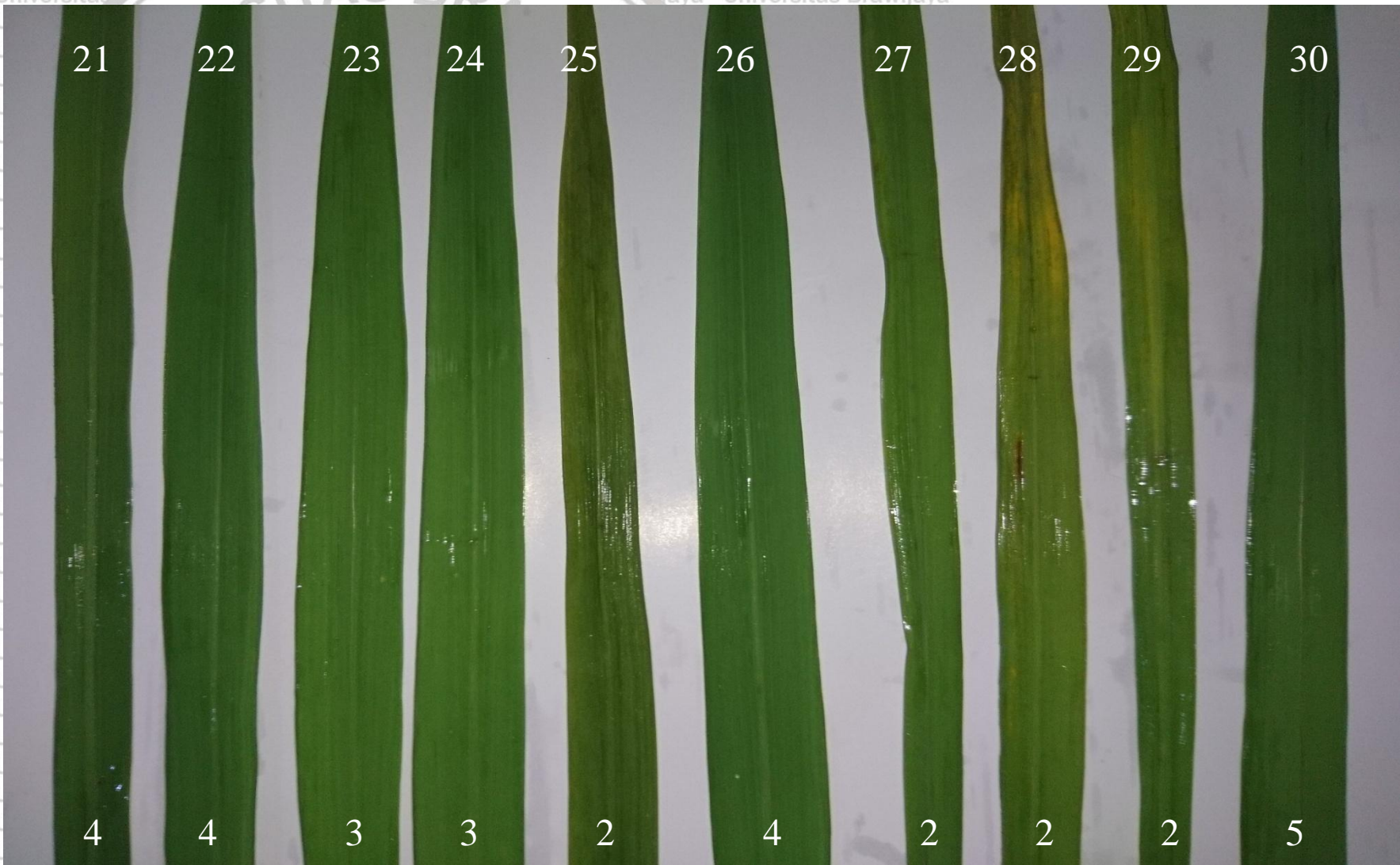
Jarak terdekat = 13.601470508735444;

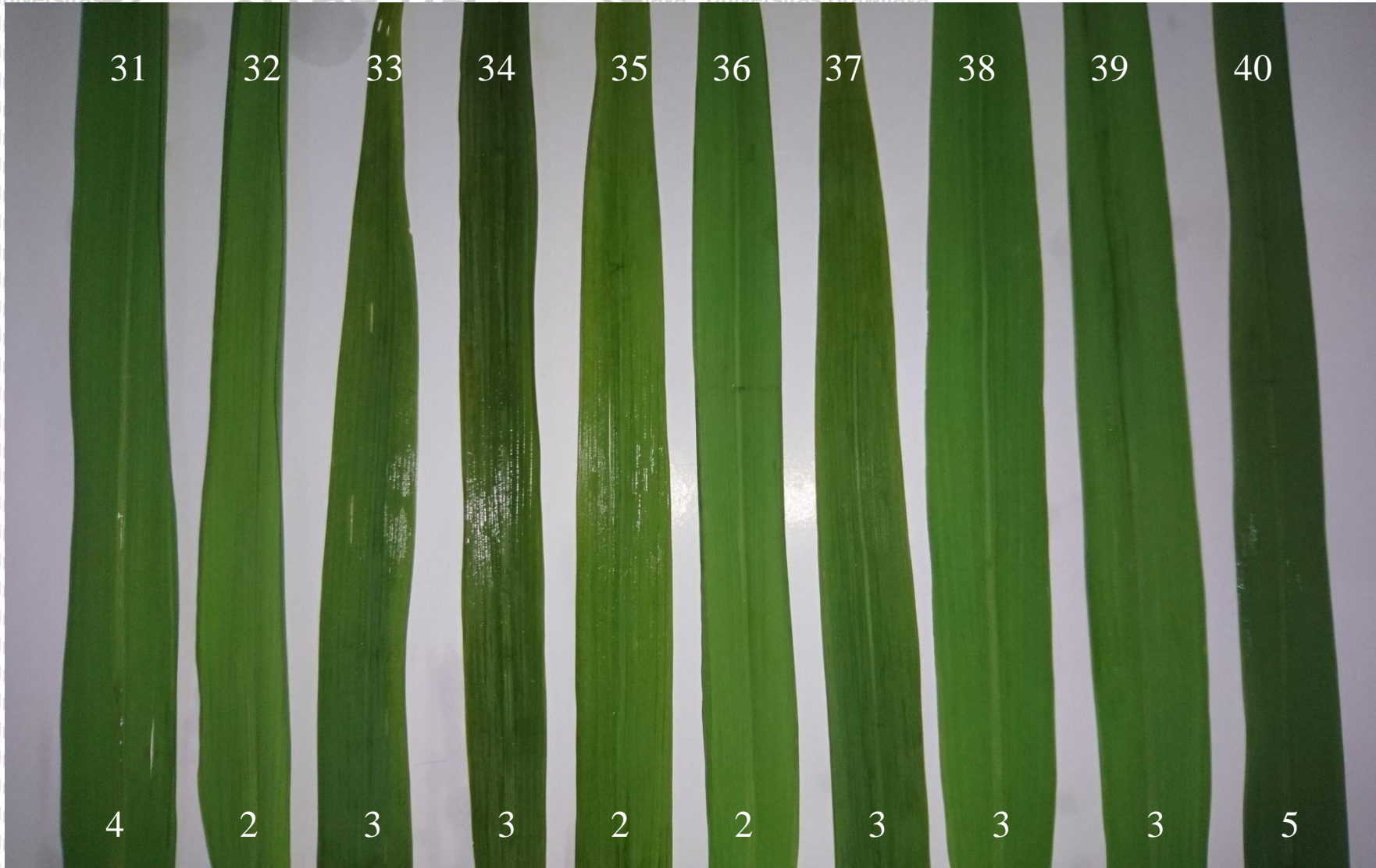
BWD = 2

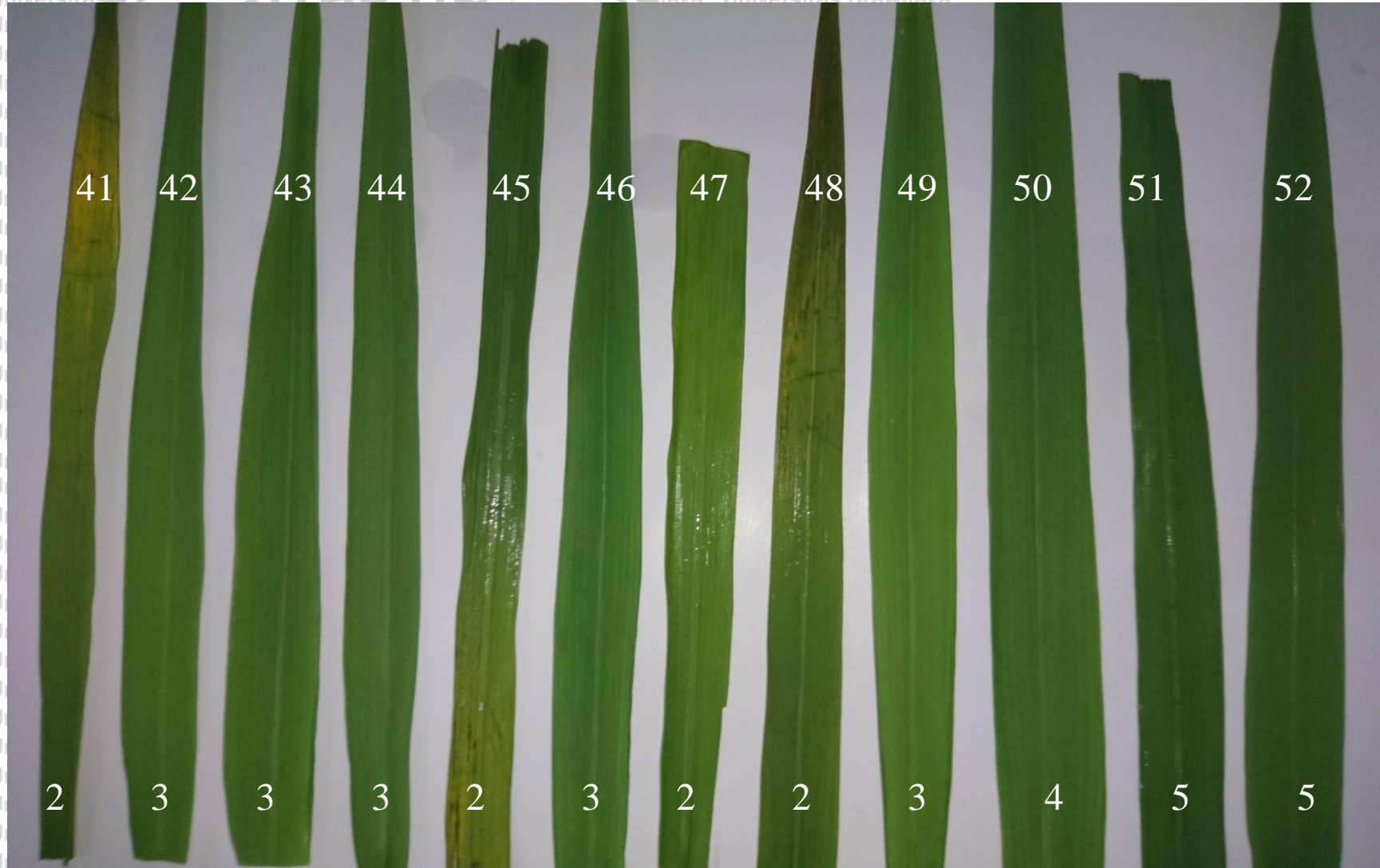
Lampiran 10. Data Citra Uji Daun Padi

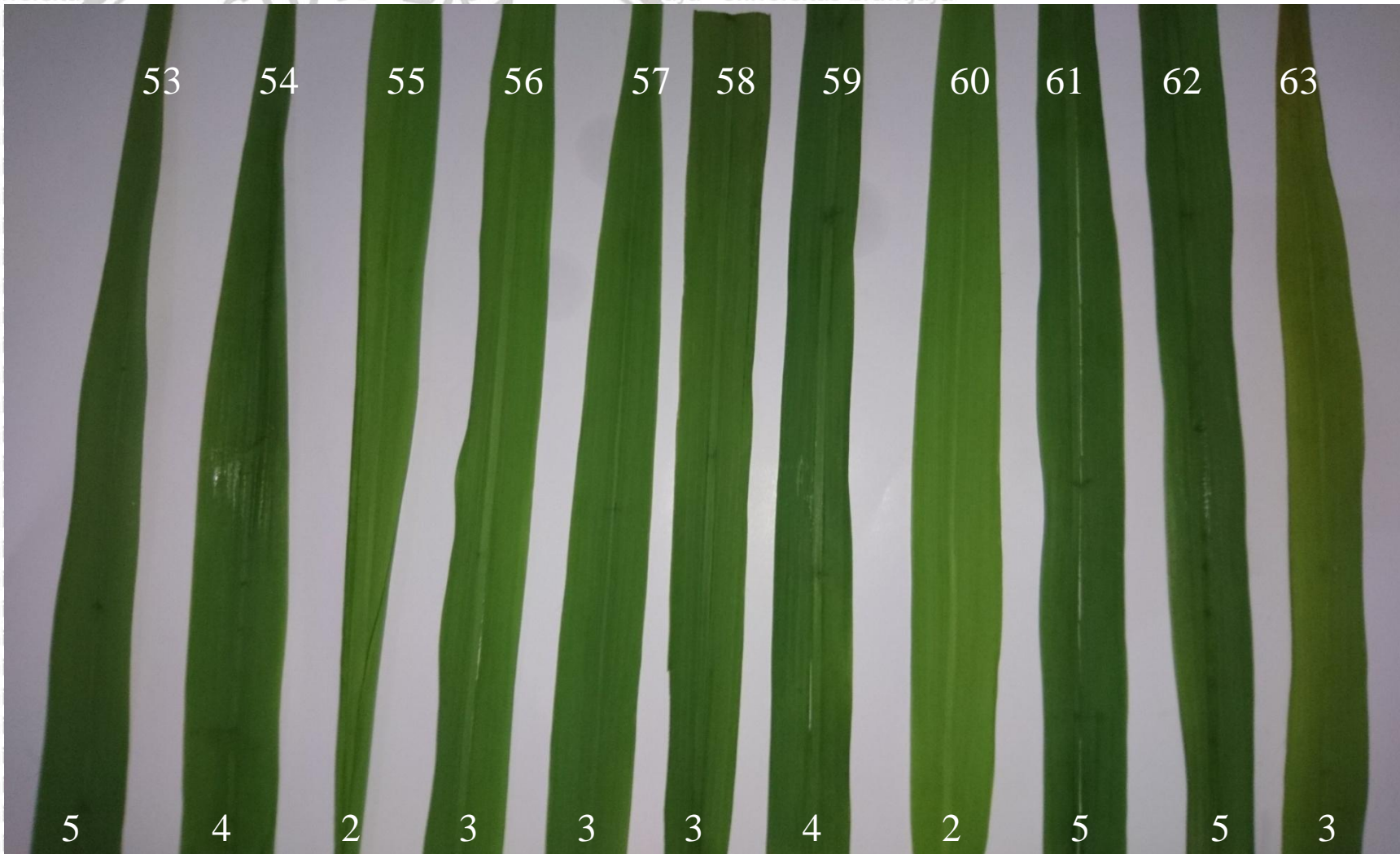


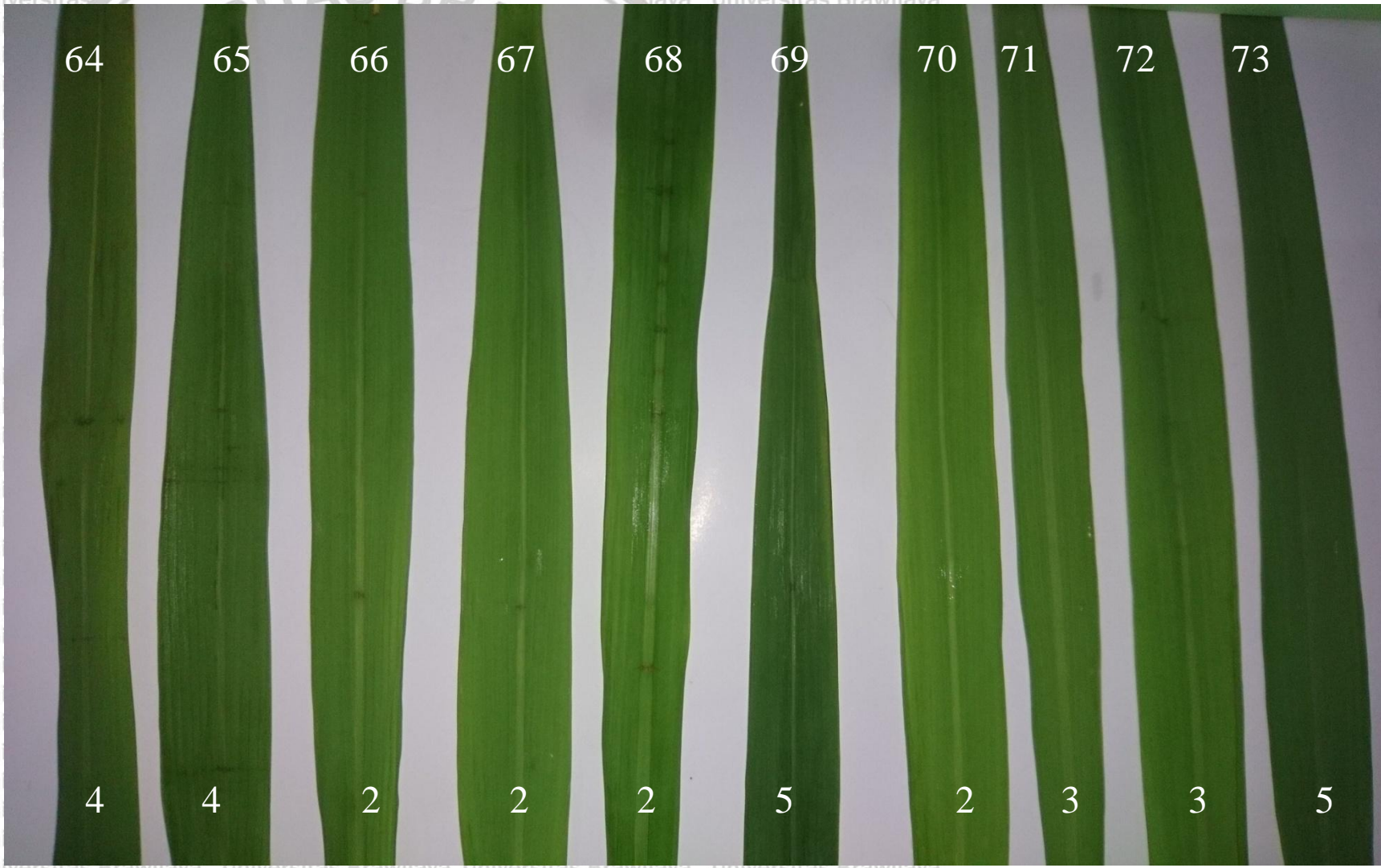


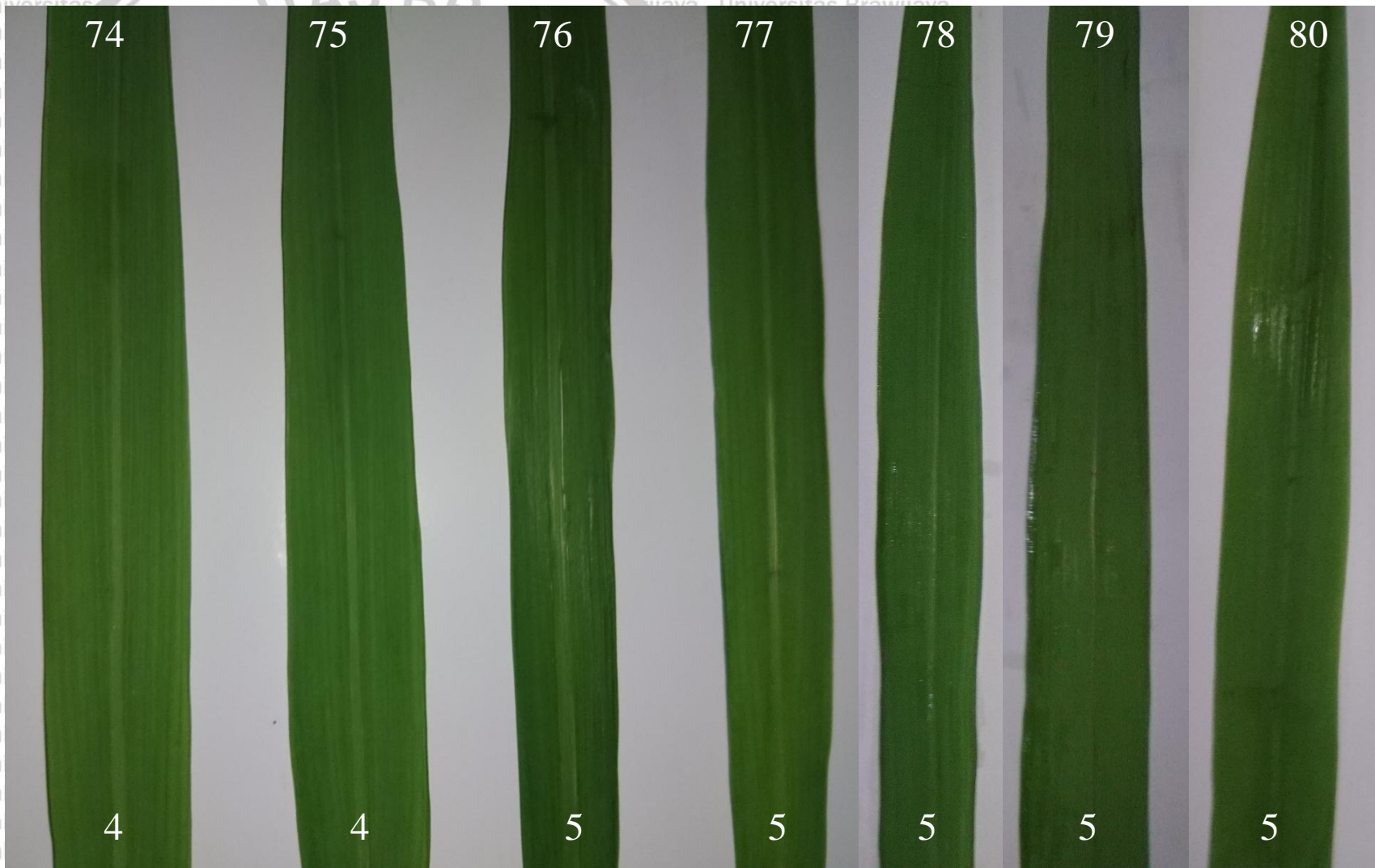




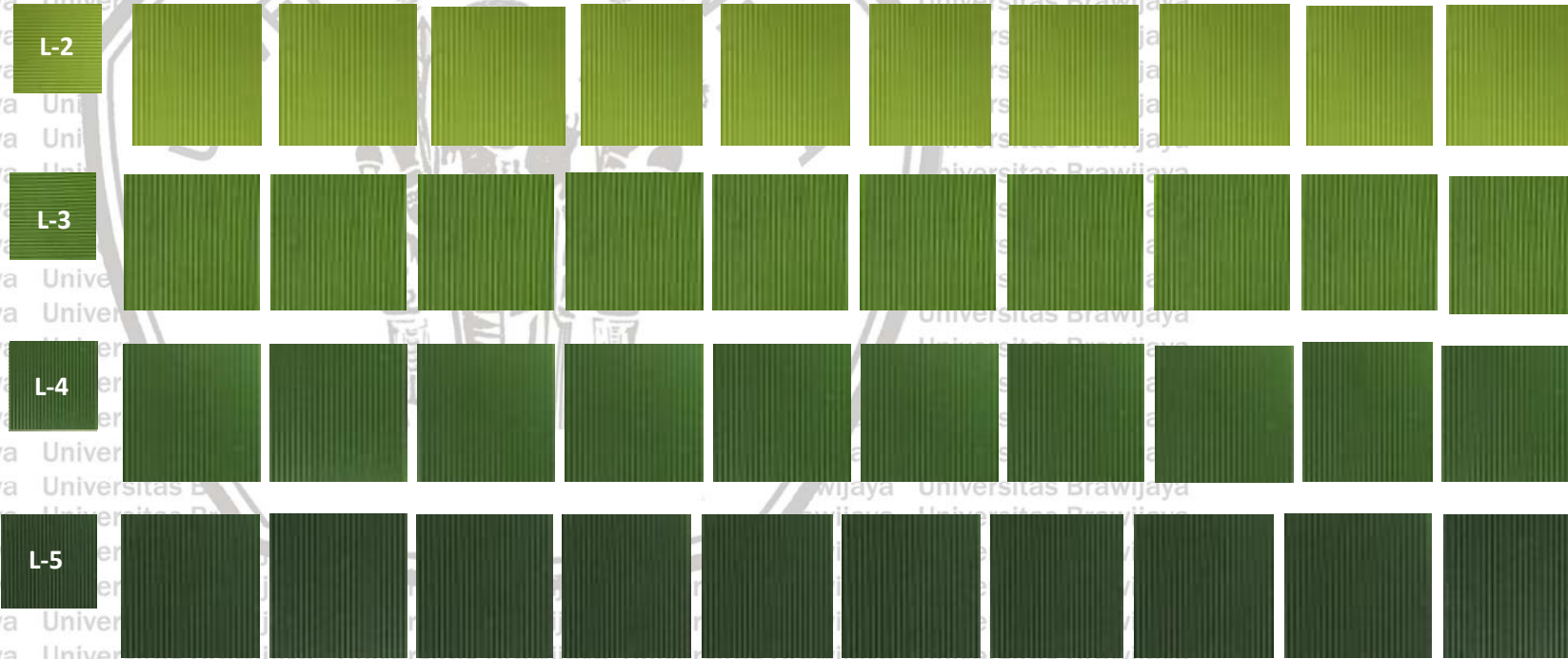








Lampiran 11. Gambar Data Latih Bagan Warna Daun





Lampiran 12. Hasil Pengamatan Secara Visual Terhadap Data Uji Citra Daun Padi oleh Para Responden

Tabel.1 Pengamatan Secara Visual

Data Uji	Pengamat					Hasil Evaluasi
	1	2	3	4	5	
C-1	4	4	4	4	4	4
C-2	4	4	4	3	4	4
C-3	3	3	4	3	4	3
C-4	2	2	2	2	2	2
C-5	2	2	2	2	2	2
C-6	5	4	5	5	4	5
C-7	5	4	5	5	4	5
C-8	3	2	3	3	3	3
C-9	5	5	5	5	5	5
C-10	4	4	5	4	5	4
C-11	3	3	4	3	4	3
C-12	3	3	4	3	4	3
C-13	2	2	2	3	2	2
C-14	2	2	2	3	3	2
C-15	3	2	2	3	3	3
C-16	2	2	2	3	3	2
C-17	4	3	4	3	4	4
C-18	2	2	2	2	3	2
C-19	5	5	5	5	5	5
C-20	5	5	5	4	5	5
C-21	4	4	4	4	4	4
C-22	4	4	4	4	4	4
C-23	3	3	3	3	2	3
C-24	3	3	3	3	2	3
C-25	2	2	2	2	3	2
C-26	4	4	4	4	4	4
C-27	3	2	2	3	2	2
C-28	2	2	2	2	2	2
C-29	2	2	2	2	2	2
C-30	5	5	5	5	5	5
C-31	4	4	5	4	4	4
C-32	3	2	2	2	3	2
C-33	3	3	3	4	4	3
C-34	3	3	3	4	4	3
C-35	2	2	2	2	2	2
C-36	2	2	2	3	2	2
C-37	3	3	3	4	3	3
C-38	3	3	3	3	3	3
C-39	3	3	3	4	3	3
C-40	5	5	5	5	5	5
C-41	2	2	2	2	2	2
C-42	3	4	3	3	4	3
C-43	3	4	3	3	4	3
C-44	3	3	3	3	3	3
C-45	2	2	2	2	2	2
C-46	3	4	3	3	4	3
C-47	2	2	2	2	2	2
C-48	2	2	2	2	2	2
C-49	2	3	3	3	2	3

C-50	4	4	4	4	4	4
C-51	5	5	5	5	5	5
C-52	5	5	5	5	5	5
C-53	5	5	5	5	5	5
C-54	4	5	5	4	4	4
C-55	2	2	3	2	3	2
C-56	3	3	3	3	3	3
C-57	3	3	4	3	3	3
C-58	3	3	4	4	3	3
C-59	4	4	4	4	4	4
C-60	2	2	2	2	2	2
C-61	5	5	5	5	5	5
C-62	5	5	5	5	5	5
C-63	2	3	2	3	3	3
C-64	4	4	4	4	4	4
C-65	4	4	4	4	4	4
C-66	2	3	2	2	2	2
C-67	2	2	2	2	2	2
C-68	2	3	2	2	3	2
C-69	5	5	5	5	5	5
C-70	2	3	2	2	2	2
C-71	3	3	3	3	3	3
C-72	3	3	3	3	3	3
C-73	5	5	5	5	5	5
C-74	4	4	4	4	4	4
C-75	4	4	5	4	4	4
C-76	5	5	5	5	5	5
C-77	5	5	5	5	5	5
C-78	5	5	5	5	5	5
C-79	5	5	5	5	5	5
C-80	5	5	5	5	5	5

P_1,

Cholis

P_2,

Bambang

P_3,

Rusli

P_4,

Haris

P_5,

Roland