

**RANCANG BANGUN PERHITUNGAN JUMLAH KLOROFIL
PADA DAUN KEDELAI MENGGUNAKAN
METODE FUZZY MAMDANI**

SKRIPSI

Oleh :

MOCH SYAIFULLOH ROBBANI

NIM. 09650165



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG**

2015

**RANCANG BANGUN PERHITUNGAN JUMLAH KLOOROFIL
PADA DAUN KEDELAI MENGGUNAKAN
METODE FUZZY MAMDANI**

SKRIPSI

**Diajukan kepada :
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

**Oleh :
MOCH SYAIFULLOH ROBBANI
NIM. 09650165**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2015**

**RANCANG BANGUN PERHITUNGAN JUMLAH KLOROFIL
PADA DAUN KEDELAI MENGGUNAKAN
METODE FUZZY MAMDANI**

SKRIPSI

Oleh :

Nama : Mochammad Syaifulloh Robbani
Nim : 09650165
Jurusan : Teknik Informatika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji :
Tanggal, 6 Desember 2014

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Suhartono, M.Kom
NIP. 196805192003121001

Irwan Budi Santoso, M.Kom
NIP. 197701032011011004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Dr. Cahyo Crysdian
NIP. 197404242009011008

**RANCANG BANGUN PERHITUNGAN JUMLAH KLOROFIL
PADA DAUN KEDELAI MENGGUNAKAN
METODE FUZZY MAMDANI**

SKRIPSI

Oleh :

MOCH SYAIFULLOH ROBBANI
NIM. 09650165

Telah dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Tanggal, 8 Januari 2015

Susunan Dewan Penguji	Tanda Tangan
1. Penguji Utama : <u>Zainal Abidin, M.Kom</u> NIP. 19760613 200501 1 004	()
2. Ketua : <u>Fatchurrochman, M.Kom</u> NIP. 19700731 200501 1 002	()
3. Sekretaris : <u>Dr. Suhartono, M.Kom</u> NIP. 19680519 200312 1 001	()
4. Anggota : <u>Irwan Budi Santoso, M.Kom</u> NIP. 19880103 201101 1 004	()

**Mengetahui dan Mengesahkan,
Ketua Jurusan Teknik Informatika**

Dr. Cahyo Crysdian
NIP. 19740424 200901 1 008

PERSEMBAHAN

Untuk

Kebangkitan Pengetahuan Sains Islam.

From Islam, For Islam, To Islam

Untuk

Abi Bambang Sugestiyanto, Umi Rochmanu Chayati,

Dek Kholid, Dek Izzah, Dek Burhan, dan Dek Tata dan keluarga besar

Mbah Islam.

Untuk

Teman-teman KAMMI Malang, Ustadz-ustadz Griya Tilawah, Teman-

teman ISHLAH HK.

MOTTO

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثَمَرَاتٍ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ بَيضٌ وَحُمْرٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٌ (27) وَمِنَ النَّاسِ وَالدَّوَابِّ وَأَلْأَنْعَامِ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ كَذَلِكَ إِنَّمَا يَخْشَى اللَّهَ مِنْ عِبَادِهِ الْعُلَمَاءُ
 إِنَّ اللَّهَ عَزِيزٌ غَفُورٌ (28)

Artinya

“Tidakkah kamu melihat bahwasanya Allah menurunkan hujan dari langit lalu Kami hasilkan dengan hujan itu buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. Dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat. Dan demikian (pula) di antara manusia, binatang-binatang melata dan binatang-binatang ternak ada yang bermacam-macam warnanya (dan jenisnya). Sesungguhnya yang takut kepada Allah di antara hamba-hamba-Nya, hanyalah ulama. Sesungguhnya Allah Maha Perkasa lagi Maha Pengampun”

Fathir : 27-28

SURAT PERNYATAAN
ORISINALITAS PENELITIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Mochammad Syaifulloh Robbani
NIM : 09650165
Fakultas/Jurusan : Sains Dan Teknologi / Teknik Informatika
Judul Penelitian : Rancang Bangun Perhitungan Jumlah Klorofil Pada Daun Kedelai Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, Januari 2015
Hormat Saya

Moch Syaifulloh Robbani
NIM. 09650165

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT dan junjungan besar Nabi Muhammad SAW yang telah melimpahkan rahmat serta hidayahNya kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan skripsi yang berjudul ” Rancang Bangun Perhitungan Jumlah Klorofil Pada Daun Kedelai Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani ” dengan baik..

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini masih jauh dengan kesempurnaan karena masih terbatasnya kemampuan dan pengetahuan yang penulis miliki, maka dari itu saran yang membangun dibutuhkan penulis serta sumbangsih dalam bentuk apapun baik bantuan dukungan spirit, moriil dan intelektual dalam membangun dan menyusun program ini adalah luar biasa bermanfaat. Sehingga sudilah kiranya penulis mengucapkan beribu-ribu terimakasih kepada :

1. Allah SWT dan RasulNya, yang telah memberiku inspirasi melalui wahyuNya.
2. Dr. Suhartono, M.Kom, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memotivasi, mengarahkan dan memberi masukan dalam pengerjaan skripsi dan program ini.
3. Irwan Budi Santoso, M.Kom, M.Kom, selaku dosen pembimbing II, yang selalu memberikan masukan, nasehat serta petunjuk dalam penyusunan laporan skripsi ini.
4. Dr. Cahyo Crysdiyan, M.Kom selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, yang mendukung dan mengarahkan dalam pengerjaan skripsi ini.

5. Zainal Abidin, M. Kom selaku Penguji Utama dan Fatchurrohman, M. Kom selaku Ketua Penguji, yang memberikan masukan dan kritikan dalam penulisan skripsi ini.
6. Segenap Dosen Teknik informatika dan teman-teman TI angkatan 2009 yang telah memberikan bimbingan keilmuan dan segala dukungan kepada penulis selama masa studi.
7. Semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan satu-persatu, atas segala yang telah diberikan kepada penulis dan dapat menjadi pelajaran.

Sebagai penutup, penulis menyadari dalam skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Semoga kekurangan yang ada nantinya dapat dikembangkan oleh peneliti-peneliti selanjutnya. Semoga skripsi yang jauh dari sempurna ini sedikit banyak dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Malang, 12 Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERNYATAAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
ABSTRAK	xviii
ABSTRACT	xix
ملخص	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Citra Digital	7
2.1.1 Representasi Citra Digital	7
2.1.2 Jenis Citra Digital	8
2.2 Logika Fuzzy	10
2.2.1 Konsep Himpunan Fuzzy	11
2.2.2 Implikasi Fuzzy	17
2.3 Sistem Inferensi Fuzzy	19
2.3.1 Metode Fuzzy Mamdani	20
2.4 Tanaman Kacang-Kacang dan Morfologi Daun	25
2.5 Klorofil	29
2.6 Klorofilmeter	32
BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 Metode Penelitian	34
3.1.1 Objek Penelitian	35
3.1.2 Variabel Penelitian	35
3.1.3 Tempat dan Waktu	36
3.1.4 Alat dan Bahan	36
3.2 Prosedur Pelaksanaan	36
3.2.1 Langkah Penghitungan Jumlah Klorofil dengan Menggunakan Klorofilmeter	36
3.3 Pengambilan Data	40
3.4 Desain Sistem dan Desain Alur	44

3.4.1 Pembentukan Himpunan Fuzzy	49
3.4.2 Fungsi Implikasi Aturan Fuzzy	55
3.4.3 Komposisi Aturan Fuzzy	56
3.4.4 Defuzzifikasi	57
3.5 Keluaran	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	59
4.1 Lingkungan Uji Coba	59
4.2 Pembentukan Himpunan Fuzzy	60
4.2.1 Nilai <i>Red</i>	60
4.2.2 Nilai <i>Green</i>	61
4.2.3 Jumlah Klorofil	63
4.3 Pembentukan Aturan Fuzzy	64
4.4 Pembuatan dan Pengujian Program	67
4.5 Hasil Program	78
4.6 Evaluasi Program	79
4.7 Integrasi Sistem dengan Islam	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	84
5.1 Kesimpulan	84
5.2 Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	86
LAMPIRAN	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Citra Warna 8 bit	10
Tabel 2.2 Tabel Bagian-bagian klorofilmeter dan kegunaannya	33
Tabel 3.1 Tabel Daftar Jumlah Klorofil beserta RGB	41
Tabel 3.2 Tabel Himpunan Fuzzy	46
Tabel 3.3 Tabel Himpunan dan Domain Nilai <i>Red</i>	51
Tabel 3.4 Tabel Himpunan dan Domain Nilai <i>Green</i>	54
Tabel 3.5 Tabel Himpunan dan Domain Nilai Klorofil	55
Tabel 3.6 Tabel Pembentukan Aturan Fuzzy Mamdani	58
Tabel 4.1 Tabel daftar perangkat yang digunakan	59
Tabel 4.2 Tabel Himpunan dan Domain Nilai <i>red</i>	61
Tabel 4.3 Tabel Himpunan dan Domain Nilai <i>green</i>	62
Tabel 4.4 Tabel Himpunan dan Domain Nilai Klorofil	64
Tabel 4.5 Tabel Daftar Jumlah Klorofil beserta RGB	65
Tabel 4.6 Tabel Aturan Fuzzy Berdasarkan data penelitian	66
Tabel 4.7 Tabel Aturan Fuzzy Jumlah Klorofil	67
Tabel 4.8 Tabel Daftar Jumlah Klorofil dan RGB dari data test	67
Tabel 4.9 Tabel data hasil error jumlah klorofil dari data test	80
Tabel 4.10 Tabel Data Hasil Error Jumlah Klorofil dari Data Training	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gambar Representasi citra digital	8
Gambar 2.2	Gambar Citra intensitas yang membentuk citra biner	9
Gambar 2.3	Gambar Representasi Linier Naik	12
Gambar 2.4	Gambar Representasi Linier Turun	13
Gambar 2.5	Gambar Representasi Kurva Segitiga	14
Gambar 2.6	Gambar Representasi Kurva Trapesium	15
Gambar 2.7	Gambar Representasi Kurva Bahu	16
Gambar 2.8	Gambar Struktur dasar suatu sistem inferensi fuzzy	20
Gambar 2.9	Gambar Struktur Klorofil	30
Gambar 2.10	Gambar Struktur Kloroplas	32
Gambar 2.11	Gambar Klorofilmeter beserta bagian-bagiannya	33
Gambar 3.1	Gambar Flowchart <i>instructional manual</i> klorofilmeter	37
Gambar 3.2	Gambar Tampilan klorofilmeter awal	38
Gambar 3.3	Gambar Posisi tangan ketika menekan <i>measuring head</i> dalam posisi ON	39
Gambar 3.4	Gambar Tampilan ketika proses kalibrasi telah selesai	39
Gambar 3.5	Gambar Tampilan langkah pengukuran jumlah klorofil daun	40
Gambar 3.6	Gambar pola hubungan jumlah klorofil dengan nilai <i>red</i> , <i>green</i> dan <i>blue</i>	42
Gambar 3.7	Gambar Korelasi Nilai <i>red</i> dan <i>green</i> terhadap Jumlah Klorofil	43

Gambar 3.8	Gambar Flowchart sistem hitung jumlah klorofil	45
Gambar 3.9	Gambar Flowchart hitung rata-rata nilai RGB	46
Gambar 3.10	Gambar Flowchart fuzzy mamdani	48
Gambar 3.11	Gambar Kelinieran Nilai <i>red</i> terhadap jumlah klorofil	50
Gambar 3.12	Gambar Fungsi keanggotaan variabel nilai <i>red</i>	51
Gambar 3.13	Gambar Kelinieran Nilai <i>green</i> terhadap jumlah klorofil	52
Gambar 3.14	Gambar fungsi keanggotaan variabel nilai <i>green</i>	53
Gambar 3.15	Gambar fungsi keanggotaan variabel nilai klorofil	55
Gambar 4.1	Gambar fungsi keanggotaan variabel nilai <i>red</i>	61
Gambar 4.2	Gambar fungsi keanggotaan variabel nilai <i>green</i>	62
Gambar 4.3	Gambar fungsi keanggotaan variabel nilai klorofil	63
Gambar 4.4	Gambar source code hitung tinggi dan lebar image	69
Gambar 4.5	Gambar source code hitung nilai RGB dan nilai rata-rata RGB ...	69
Gambar 4.6	Gambar Hasil Perulangan dari kolom ke-1 hingga ke-100	70
Gambar 4.7	Gambar Hasil Output dari perhitungan nilai rata-rata RGB dari satu image daun	70
Gambar 4.8	Gambar source code mencari nilai keanggotaan <i>red</i>	71
Gambar 4.9	Gambar source code mencari nilai keanggotaan <i>green</i>	72
Gambar 4.10	Gambar source code mencari nilai MIN dari setiap fuzzy rule base	73
Gambar 4.11	Gambar Output hasil nilai MIN dari setiap fuzzy rule base	74
Gambar 4.12	Gambar source code yang menghasilkan nilai max	75
Gambar 4.13	Gambar output nilai max dari hasil komposisi aturan	76

Gambar 4.14	Gambar source code yang menghasilkan himpunan output jumlah klorofil	76
Gambar 4.15	Gambar output dari himpunan a1 dan a2 jumlah klorofil	76
Gambar 4.16	Gambar source code menghitung momen, luas daerah dan rata- rata terbobot	78
Gambar 4.17	Gambar output hitung momen, luas daerah, dan rata-rata terbobot.....	79



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I	: Gambar Daun Kedelai	89
LAMPIRAN II	: Gambar Daun Kedelai 100x100 pixel	90
LAMPIRAN III	: Data RGB tiap daun data training	91
LAMPIRAN IV	: Tabel uji signifikasi nilai red,green, dan blue terhadap jumlah klorofil	98
LAMPIRAN V	: Source code hitung jumlah RGB Daun	98
LAMPIRAN VI	: Source Code fuzzy mamdani	100

ABSTRAK

ROBBANI, MOCHAMMAD SYAIFULLOH. 2015. **Rancang Bangun Perhitungan Jumlah Klorofil Pada Daun Kedelai Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani**. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Pembimbing: (I) Dr. SUHARTONO, M.Kom dan (II) IRWAN BUDI SANTOSO, M.Kom

Penelitian akan tumbuh-tumbuhan merupakan penelitian yang tiada pernah habisnya. Hingga menghitung jumlah klorofil yang terkandung dalam satu daun pun diciptakanlah alat hitungnya, yaitu klorofilmeter. Akan tetapi, harga sebuah klorofilmeter sangat mahal berkisar antara 14-16 juta, sehingga tidak sedikit peneliti yang meneliti klorofil tidak mampu membelinya. Begitu pula dengan penelitian kedelai, selain mudah ditemui juga mampu tumbuh dengan cepat, sehingga tidak membutuhkan waktu yang panjang. Oleh karena itu, pembuatan aplikasi ini bertujuan untuk membuat aplikasi yang menerapkan metode fuzzy Mamdani untuk mempermudah para peneliti dalam memprediksi jumlah klorofil pada daun kedelai berdasarkan nilai Red dan Green pada gambar daun yang telah discanning. Pengembangan aplikasi ini dibuat berbasis dekstop menggunakan bahasa pemrograman Java. Berdasarkan dari hasil pengujian program, maka dapat dikatakan cukup baik. Karena error rate dari data training sebesar 30% dan nilai keakurasian sebesar 70%. Begitu pula error rate dari data test sebesar 34% dan nilai keakurasian sebesar 66%. Sehingga diharapkan dapat memberikan kemudahan bagi para peneliti untuk memprediksi jumlah klorofil berdasarkan nilai Red dan Green.

Kata Kunci : Jumlah Klorofil, Kedelai, Fuzzy Mamdani, Nilai Red dan Green.

ABSTRACT

ROBBANI, MOCHAMMAD SYAIFULLOH. 2015. **Design Calculation of The Amount of Chlorophyll in The Leaves of Soybeans Using Fuzzy Mamdani Method**. Thesis. Informatics Department of Faculty of Science and Technology. Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang, Adviser: (I) Dr. SUHARTONO, M.Kom and (II) IRWAN BUDI SANTOSO, M.Kom

Plant research is research that never ends. In fact, calculating the amount of chlorophyll contained in the leaves also created a tool called, namely chlorophyll meter. However, the price of a chlorophyll meter is very expensive ranging between 14-16 million, so there is little research that cannot afford it. So as with soybean research, besides being easy to find also able to grow rapidly, so it did not take a long time. Therefore, making this application aims to create an application that implements the fuzzy mamdani method to make it easier for researchers to predict the amount of chlorophyll in leaves of soybean based on the value of red and green on leaf image that has been scanned. The application development is made based on desktop using the Java Programming Language. Based on the results of the testing program, it can be said quite good. Because the error rate on the training data as big as 30% and the value of accuracy 70%. So as the error rate of the data test as big as 34% and the value of accuracy 66%. So that expected to provide ease for researchers to predict the amount of chlorophyll based on the value of red and green.

Kata Kunci : The Amount of Chlorophyll, Soybean, Fuzzy Mamdani Method, The Value of Red and Green.

ملخص

حساب تصميم من إجمالي الكلوروفيل في فول الصويا يترك. 2015. محمد سيف الله, رباني كلية العلوم قسم الهندسة المعلوماتية. **Fuzzy Mamdani** الطريقة عن طريق جامعة الدولة الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج والتكنولوجيا

مؤدب: (I) Dr. SUHARTONO, M.Kom dan (II) IRWAN BUDI SANTOSO, M.Kom

دراسة النباتات هي البحوث التي لا تنتهي ما يصل الى حساب كمية الكلوروفيل الواردة في الأوراق وتم إنشاء أداة تحسب وهي الكلوروفيل متر لكن سعر الكلوروفيل متر مكلف للغاية تراوحت بين 14-16 مليون. لهذا السبب ولا القليل الباحثون الذين فحصوا الكلوروفيل لا تكون قادرة على شراء الكلوروفيل متر وذلك هو مع البحث فول الصويا وبصرف النظر العثور عليها بسهولة أيضا قادرة على النمو بسرعة لذلك لم تستغرق وقتا طويلا لذلك, مما يجعل هذا التطبيق يهدف إلى إنشاء تطبيقات التي تنفذ طريقة مداني لجعله أسهل للباحثين للتنبؤ كمية الكلوروفيل في أوراق فول الصويا استنادا إلى قيمة الأحمر والأخضر على صورة ورقة التي كانت في المسح. تم تطوير هذا التطبيق سطح المكتب القائمة على استخدام البرمجة جافا وبناء على نتائج برنامج اختبار, يمكن أن تكون جيدة جدا. بسبب نسبة الخطأ بيانات التدريب بنسبة 30% وقيمة دقة بنسبة 70%. وذلك نسبة الخطأ في بيانات الاختبار بنسبة 34% وقيمة دقة بنسبة 66%. لهذا السبب من المتوقع أن توفير مرافق للباحثين التنبؤ كمية الكلوروفيل على أساس قيمة الأحمر والأخضر.

كلمات : كمية الكلوروفيل, فول الصويا, مداني غامض, القيمة الحمراء والأخضر

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sangat kaya akan hasil pertanian karena merupakan negara agraris yang salah satunya adalah kacang-kacangan. Kacang-kacangan merupakan sumber protein nabati dan sumber energi yang sudah lama dimanfaatkan oleh penduduk Asia, Afrika dan Amerika Latin. Terdapat lebih dari 12.000 jenis kacang-kacangan, diantaranya adalah kacang kapri, kacang koro, kacang hijau, kedelai, dan kacang panjang.

Bagi umat islam yang mempelajari tumbuh-tumbuhan merupakan proses pembelajaran diri pada nilai-nilai agama dan untuk merenungkan kembali ciptaan Allah. Sehingga bagi seorang muslim sudah merupakan tuntutan untuk mempelajarinya.

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَالْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِي وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ بَهِيجٍ
(7) تَبْصِرَةً وَذِكْرَى لِكُلِّ عَبْدٍ مُنِيبٍ (8)

Artinya: “ Dan Kami hamparkan bumi itu dan kami letakkan padanya gunung-gunung yang kokoh dan Kami tumbuhkan segala macam tanaman yang indah dipandang mata, untuk menjadikan pelajaran dan peringatan bagi hamba-hamba yang kembali mengingat Allah” (Q.S Qaaf [50]: 7-8).

Di dalam tanaman yang beraneka ragamnya, Allah memberikan kehidupan di dalam setiap tanaman. Allah membangun sebuah pabrik-pabrik hijau melalui tanaman pada awal pertumbuhan dan disebut oleh ahli botani

“Kloroplas” yang mengandung klorofil, yang disebut di dalam Qur’an surat al-An’aaam : 99. Dimana tanaman memanfaatkan energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi kimia yaitu fotosintesis.¹

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا
 مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ النَّخْلِ قِنَوانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ
 مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ
 إِنَّ فِي ذَلِكُمْ لآيَاتٍ لِقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ (99)

Artinya: “dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam umbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai dan kebun-kebun anggur , dan Kami keluarkan zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda kekuasaan Allah bagi orang-orang beriman.”(Al-An’aaam[6]: 99)

Klorofil adalah bagian dari daun yang sangat penting. Karena fungsinya adalah untuk menyerap dan membantu proses fotosintesis tumbuhan. Karena

¹ Syaikh Abdul Majiid ‘Aziiz Al-Zindani. “Al Khadir” The Holy Quran on Chloroplasts. 2009. www.quranandscience.com/quran-science/plants/174-al-khadir-the-holy-quran-on-chloroplasts diakses pada hari kamis, 23 Oktober 2014 jam 08:06 WIB

sangat berperan dalam fotosintesis, daun menjadi objek yang menarik untuk dijadikan bahan penelitian oleh beberapa ahli botani/tumbuhan. Mereka ada beberapa yang mencari kadar/intensitas klorofil, ada juga yang mencari jumlah klorofil dalam satu daun.

Alat-alat yang digunakan pun menjadi beraneka ragam, sehingga membutuhkan banyak prosedur dalam penggunaan setiap alat yang ingin digunakan dalam meneliti klorofil. Selain banyak prosedur yang harus dilewati, peneliti juga harus membayar mahal alat yang ingin digunakan.

Dalam era teknologi informasi sekarang ini, segala sesuatu dikembangkan sehingga menjadi hal yang memudahkan manusia dalam mengerjakannya. Begitu pula dengan dalam pencarian kadar/intensitas klorofil atau jumlah klorofil di dalam daun kedelai. Para ahli tumbuhan/pertanian berhak untuk mendapatkan kemudahan dari pencarian tersebut dengan bantuan teknologi informasi.

Karena itulah, penelitian ini mengembangkan suatu sistem informasi yang nantinya akan mempermudah para ahli tumbuhan dalam menghitung jumlah klorofil dalam daun. Dengan menggunakan pengolahan citra, sistem yang nantinya akan dibuat mengambil gambar yang telah di-*scanner* kemudian dicari RGB dan dibandingkan dengan jumlah klorofil dalam satu daun yang telah diteliti menggunakan *klorofilmeter*.

Pengolahan citra sebagai representasi ilmu Informatika yang sampai saat ini perkembangannya dapat dimanfaatkan oleh berbagai pihak. Selain dari sisi pendidikan, terutama teknik Informatika, pengolahan citra juga meluas ke

ranah pertanian ataupun biologi. Citra digital adalah gambar dua area $f(x,y)$ dengan x dan y adalah posisi koordinat sedangkan f merupakan amplitude pada posisi (x,y) yang sering dikenal dengan intensitas atau *grayscale* (Gonzales, 2002). Nilai dari intensitas bentuknya adalah diskrit mulai dari 0 sampai dengan 255. Penelitian ini akan diimplementasikan pada sistem operasi *windows* karena aplikasi ini berbasis desktop dan masih banyak pengguna yang menggunakan sistem operasi ini.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana menerapkan metode Fuzzy Mamdani pada perhitungan jumlah klorofil pada daun ?

1.3 Batasan Masalah

Berikut adalah batasan-batasan yang berlaku pada penelitian ini adalah :

1. Daun yang dijadikan objek adalah daun kedelai dengan jumlah daun 20 dari 10 tanaman.
2. Kuantifikasi dilakukan untuk menghitung jumlah klorofil di dalam satu daun.
3. Citra daun kedelai diperoleh dengan menggunakan alat *scanner*.
4. Perangkat lunak yang digunakan untuk membangun aplikasi adalah NetBeans dan menggunakan bahasa Java
5. Aplikasi yang dibangun berbasis desktop

1.4 Tujuan Penelitian

Membuat sebuah sistem aplikasi menghitung jumlah klorofil dalam daun kedelai dengan memanfaatkan citra digital tanaman dan *image analysis*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh melalui penelitian ini adalah:

1. Memudahkan ahli tumbuhan/tanaman yang bekerja di bidang pertanian untuk mendapatkan hasil jumlah klorofil dalam suatu daun kedelai.
2. Jika tidak memiliki banyak dana untuk membeli alat penghitung jumlah klorofil dalam daun yaitu *klorofil meter*, maka rancang bangun ini menjadi solusi untuk menghemat biaya. Memperkaya pengetahuan tentang aplikasi *image analysis* di bidang pertanian sehingga menjadi inspirasi bagi penerapan teknik sejenis untuk bidang-bidang lainnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran dan kerangka yang jelas mengenai pokok bahasan dalam setiap bab dalam penelitian ini maka diperlukan sistematika penulisan. Berikut gambaran sistematika pembahasan pada masing-masing bab:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai metode, konsep, dan teori yang mendukung penulisan skripsi ini seperti pengertian java, citra digital, tanaman kacang-kacangan, metode Fuzzy Mamdani, dan metode regresi non linier

BAB III : DESAIN SISTEM

Pada bab ini akan dibahas tentang langkah dan pembuatan perangkat lunak serta rancangan program untuk menghitung jumlah klorofil dalam satu daun.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Meliputi hasil yang dicapai dari perancangan sistem dan implementasi program. Sehingga dapat ditarik kesimpulan dari pengujian sistem yang telah dibuat dan dapat disampaikan dalam sebuah pembahasan.

BAB V : PENUTUP

Berisi saran dan kesimpulan berdasarkan hasil yang telah dicapai sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi pihak-pihak yang berkepentingan serta kemungkinan pengembangannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Citra Digital

Secara harfiah, citra adalah gambar pada bidang 2 dimensi. Ditinjau dari sudut pandang matematis, citra merupakan sebuah fungsi *kontinu* dari intensitas radiasi pada bidang 2 dimensi. Sumber radiasi mengeluarkan radiasi yang kemudian mengenai objek, objek memantul kembali sebagian dari radiasi tersebut, pantulan radiasi ini ditangkap oleh sensor pada alat-alat optik. Akhirnya bayangan objek tersebut direkam dalam suatu media tertentu. Citra semacam ini disebut citra pantulan.

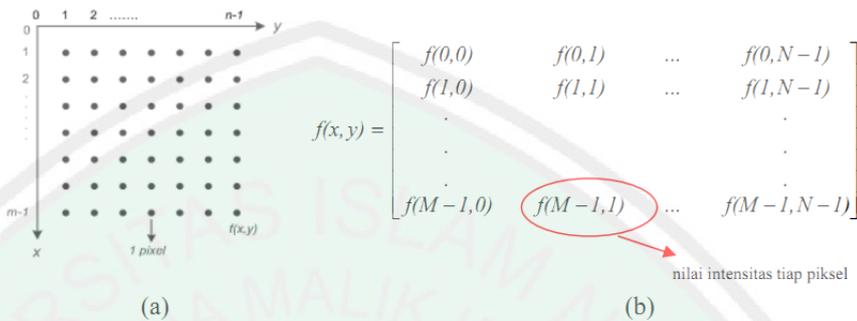
Jika objek menghasilkan radiasi sendiri, maka citra yang tertangkap oleh sensor disebut citra emisi. Sedangkan jika objek bersifat transparan, sehingga citra yang dihasilkan merupakan representasi dari radiasi yang berhasil diserap oleh partikel-partikel dari objek tersebut, maka citra tersebut adalah citra absorpsi.

2.1.1 Representasi Citra Digital

Suatu citra mungkin bisa didefinisikan dari fungsi 2 dimensi, $f(x,y)$. Dimana x dan y adalah kordinat spasial yang menunjukkan lokasi dari sebuah piksel didalam sebuah citra dan amplitudo dari f pada setiap pasangan kordinat (x,y) adalah intensitas dari citra pada piksel tersebut.

Apabila nilai x,y dan nilai amplitude f secara keseluruhan berhingga(*finite*) dan bernilai diskrit maka dapat dikatakan bahwa citra tersebut adalah citra digital. Untuk kebutuhan pengolahan dan analisis,

representasi tersebut ditampilkan dalam bentuk gambar matriks seperti pada gambar 1.



Gambar 2.1 Representasi Citra Digital (a) Piksel-piksel dalam konvensi koordinat, (b) Piksel-piksel dalam sel-sel matriks

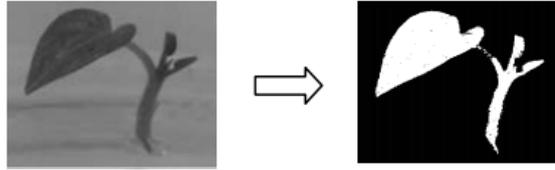
2.1.2 Jenis Citra Digital

Nilai suatu pixel memiliki nilai dalam rentang tertentu, dari nilai minimum sampai nilai maksimum. Jangkauan yang digunakan berbeda-beda. Namun pada umumnya, jangkauannya adalah 0-255. Citra dengan penggambaran seperti ini digolongkan ke dalam citra integer. Berikut adalah jenis-jenis citra berdasarkan nilai pixelnya:

a. Citra Biner

Citra biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai pixel yaitu hitam atau putih. Citra biner juga disebut sebagai citra B&W (*black and white*) atau citra monokrom.

Citra biner pada gambar 2, sering kali muncul sebagai hasil dari proses pengolahan seperti segmentasi, pengambangan, morfologi ataupun *dithering*. Umumnya, citra biner terbentuk dari citra intensitas yang mengalami proses *thresholding*.



Gambar 2.2 Citra intensitas yang membentuk citra biner
 Sumber : Thesis Object Tracking dan Analisis Citra Digital, 2008

b. Citra Grayscale

Citra *grayscale* merupakan citra digital yang hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap pixelnya, dengan kata lain nilai bagian $RED = GREEN = BLUE$. Nilai tersebut digunakan untuk menunjukkan tingkat intensitas. Citra *grayscale* memiliki kedalaman warna 8 *bit* (256 kombinasi warna keabuan).

c. Citra Warna 8 Bit

Setiap pixel dari citra warna (8 *bit*) hanya diwakili oleh 8 *bit* dengan jumlah warna maksimum yang dapat digunakan adalah 256 warna. Ada dua jenis citra warna 8 *bit*. Pertama, citra warna 8 *bit* dengan menggunakan palet warna 256 dengan setiap paletnya memiliki pemetaan nilai (*colormap*) RGB tertentu. Kedua, setiap pixel memiliki format 8 *bit* seperti pada tabel 2.1.

d. Citra Warna 16 Bit

Citra warna 16 bit (biasanya disebut sebagai citra *highcolor*) dengan setiap pixelnya diwakili dengan 2 byte memory. Warna 16 bit memiliki 65.536 warna. Dalam formasi bitnya, nilai merah dan biru mengambil tempat di 5 bit di kanan dan kiri. Komponen hijau memiliki 5 bit ditambah 1 bit ekstra. Pemilihan komponen

hijau dengan deret 6 bit dikarenakan penglihatan manusia lebih sensitive dengan warna hijau.

Tabel 2.1 Citra Warna 8 bit

Bit-7	Bit-6	Bit-5	Bit-4	Bit-3	Bit-2	Bit-1	Bit-0
R	R	R	G	G	G	B	B

Sumber : Digital Image Processing using MATLAB, 2004

e. Citra Warna 24 Bit

Setiap pixel dari citra warna 24 bit diwakili dengan 24 bit sehingga total 16.777.216 variasi warna. Variasi ini sudah lebih dari cukup untuk memvisualisasikan seluruh warna yang dapat dilihat penglihatan manusia. Penglihatan manusia dipercaya hanya dapat membedakan hingga 10 juta warna saja.

2.2 Logika Fuzzy

Konsep logika fuzzy pertama kali dikenalkan oleh Professor Lotfi A.Zadeh dari Universitas California, pada bulan Juni 1965. Fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar-samar. Derajat keanggotaan dalam fuzzy memiliki rentang nilai 0(nol) hingga 1(satu). Hal ini berbeda dengan himpunan tegas yang memiliki nilai 1 atau 0(ya atau tidak). Logika fuzzy digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (linguistik), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat dan sangat cepat. Dan logika fuzzy menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah.

2.2.1 Konsep Himpunan Fuzzy

1. Pengertian Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy di dalam semesta pembicaraan U didefinisikan sebagai himpunan yang mencirikan suatu fungsi keanggotaan $\mu_a(X)$ yang mengawankan setiap $x \in U$ dengan bilangan real di dalam interval $[0,1]$ dengan nilai $\mu_a(X)$ menyatakan derajat keanggotaan x didalam A . Suatu himpunan dapat dinyatakan dengan 2 cara, yaitu :

$$a. A = \int_u \mu_a(x)/x \quad (1)$$

Dimana notasi integral melambangkan himpunan semua $x \in U$ bersama dengan derajat keanggotaan pada himpunan fuzzy A . Cara ini digunakan yang anggotanya kontinu.

$$b. A = \sum_u \mu_a(x)/x \quad (2)$$

Dimana notasi sigma melambangkan himpunan semua $x \in U$ bersama dengan derajat keanggotaannya pada himpunan fuzzy A . Cara ini digunakan pada himpunan fuzzy yang anggotanya bernilai diskrit.

2. Fungsi Keanggotaan

Definisi Fungsi keanggotaan adalah setiap himpunan fuzzy A di dalam himpunan universal X , $x \in X$ dipetakan ke dalam interval $[0,1]$. Pemetaan dari $x \in X$ pada interval $[0,1]$ disebut fungsi keanggotaan.

Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan, diantaranya yaitu :

a. Representasi Linier

Pada representasi linier, pemetaan input ke derajat keanggotaannya sebagai suatu garis lurus. Ada dua keadaan himpunan fuzzy linier, yaitu linier naik dan linier turun. Representasi himpunan fuzzy linier naik seperti yang ditunjukkan pada gambar 3

Fungsi keanggotaan :

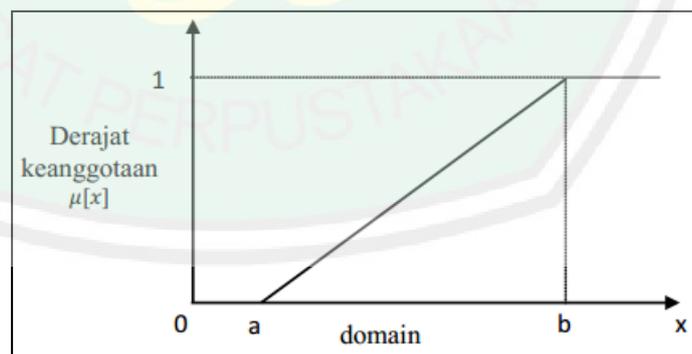
$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \\ (x - a) / (b - a) & ; a < x < b \\ 1 & ; x \geq b \end{cases} \quad (3)$$

Keterangan :

a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

x = nilai input yang akan diubah ke dalam bilangan fuzzy



Gambar 2.3 Representasi Linier Naik

Sumber : Buku Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan, 2004.

Representasi himpunan fuzzy linier turun seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 1 & ; x \leq a \\ (b-a)/(b-a) & ; a < x < b \\ 0 & ; x \geq b \end{cases} \quad (4)$$

Keterangan :

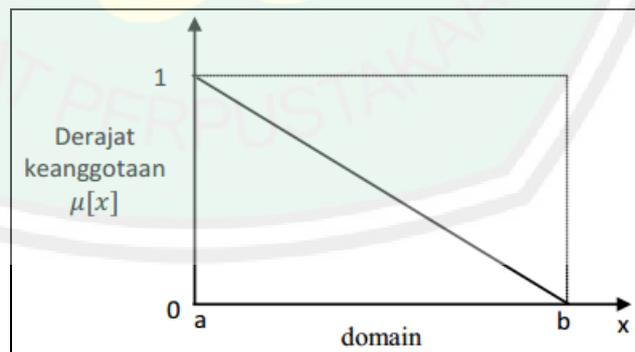
a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai input yang akan diubah ke dalam bilangan fuzzy

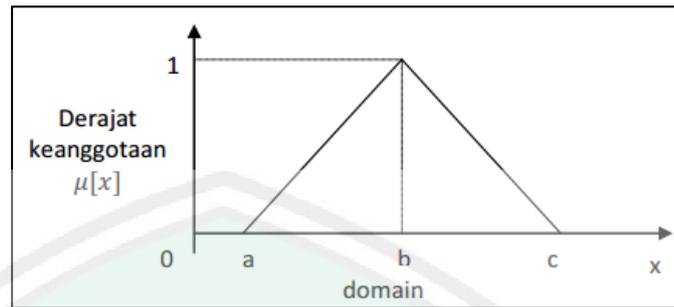
b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis linier. Seperti pada gambar 5



Gambar 2.4 Representasi Linier Turun

Sumber : Sumber : Buku Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan,2004.



Gambar 2.5 Representasi Kurva Segitiga

Sumber : Sumber : Buku Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan,2004.

Sedangkan Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a < x < b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} & ; b < x < c \end{cases} \quad (5)$$

Keterangan

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

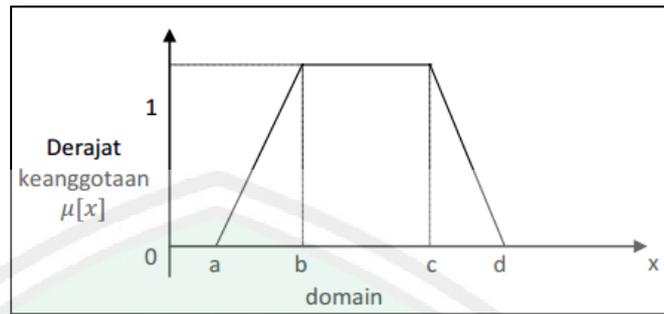
b = nilai domain yang mempunya derajat keanggotaan satu

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol.

x = nilai input yang akan diubah ke dalam bilangan fuzzy

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga karena merupakan gabungan antara dua garis linier, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



Gambar 2.6 Representasi Kurva Trapesium

Sumber : Sumber : Buku Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan,2004.

Sedangkan Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a < x < b \\ 1 & ; b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & ; c < x < d \end{cases} \quad (6)$$

Keterangan

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan satu

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan satu

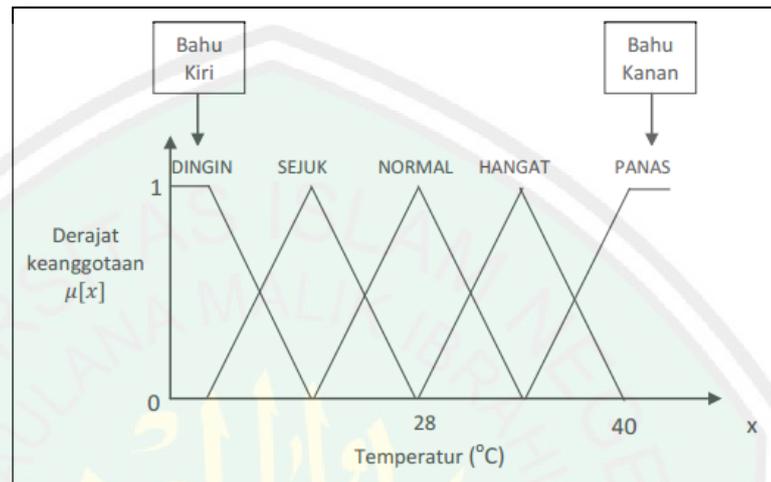
d = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai input yang akan diubah ke dalam bilangan fuzzy

d. Representasi Kurva Bahu

Himpunan fuzzy bahu digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah fuzzy. Bentuk kurva bahu berbeda dengan kurva segitiga, yaitu salah satu sisi pada variabel tersebut mengalami perubahan

turun atau naik, sedangkan sisi yang lain tidak mengalami perubahan atau tetap.



Gambar 2.7 Representasi Kurva Bahu

Sumber : Buku Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan,2004.

3. Operasi Himpunan Fuzzy

Ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasikan dan memodifikasi himpunan fuzzy. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi dua himpunan yang dikenal dengan nama α -predikat.

Ada tiga operasi dasar dalam himpunan fuzzy, yaitu komplemen, irisan(intersection), dan gabungan(union).

a.) Komplemen

Operasi komplemen pada himpunan fuzzy adalah sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

b.) Irisan (intersection)

Operasi irisan pada himpunan fuzzy adalah sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

c.) Gabungan (union)

Operasi gabungan (union) pada himpunan fuzzy adalah sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

2.2.2 Implikasi Fuzzy

Proposisi fuzzy yang sering digunakan dalam aplikasi teori fuzzy adalah implikasi fuzzy. Bentuk umum suatu implikasi fuzzy adalah :

Jika x adalah A, maka y adalah B

Dengan x dan y adalah variabel linguistik, A dan B adalah predikat-predikat fuzzy yang dikaitkan dengan himpunan-himpunan fuzzy \tilde{A} dan \tilde{B} dalam semesta X dan Y berturut-turut. Proposisi yang mengikuti kata “Jika” disebut sebagai anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti kata “Maka” disebut sebagai konsekuen.

Secara umum, ada dua fungsi implikasi yang dapat digunakan, yaitu :

a.) Min (minimum)

Pengambilan keputusan dengan fungsi min, yaitu dengan cara mencari nilai minimum berdasarkan aturan ke-i dan dapat dinyatakan dengan :

$$\alpha_i \cap \mu_{ci}(\mathbf{Z}) \quad (7)$$

dimana

$$\alpha_i = \mu_{Ai}(x) \cap \mu_{Bi}(x) = \min \{ \mu_{Ai}(x), \mu_{Bi}(x) \} \quad (8)$$

Keterangan :

α_i = nilai minimum dari himpunan fuzzy A dan B pada aturan ke-i

$\mu_{Ai}(X)$ = derajat keanggotaan x dari himpunan fuzzy A pada aturan ke-i

$\mu_{Bi}(X)$ = derajat keanggotaan x dari himpunan fuzzy B pada aturan ke-i

$\mu_{ci}(X)$ = derajat keanggotaan konsekuen pada himpunan fuzzy C pada aturan ke-i

b.) Dot (product)

Pengambilan keputusan dengan fungsi dot yang didasarkan pada aturan ke-i dinyatakan dengan :

$$\alpha_i \cdot \mu_{ci}(\mathbf{Z}) \quad (9)$$

Keterangan :

$\alpha_i =$ nilai minimum dari himpunan fuzzy A dan B pada aturan ke-i

$\mu_{ci}(Z) =$ derajat keanggotaan konsekuen pada himpunan fuzzy C pada aturan ke-i

2.3 Sistem Inferensi Fuzzy

Salah satu aplikasi logika fuzzy yang telah berkembang sangat luas dewasa ini adalah sistem inferensi fuzzy (Fuzzy Inference System/FIS), yaitu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan fuzzy, aturan fuzzy berbentuk IF-THEN dan penalaran fuzzy. Misalnya dalam penentuan status gizi, produksi barang, sistem pendukung keputusan dan sebagainya.

Ada tiga metode dalam sistem inferensi Fuzzy yang sering digunakan, yaitu metode Tsukamoto, metode Mamdani, metode Sugeno. Sistem ini berfungsi untuk mengambil keputusan melalui proses tertentu dengan mempergunakan aturan inferensi berdasarkan logika fuzzy. Pada dasarnya sistem inferensi fuzzy terdiri dari empat unit(gambar 8) yaitu :

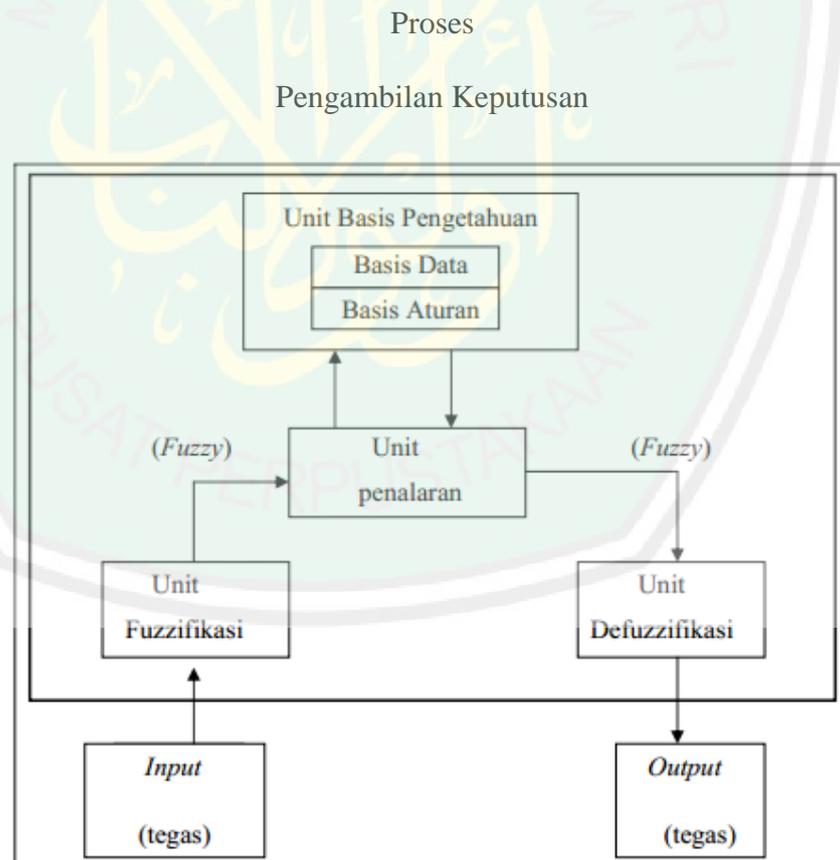
1. Unit fuzzyfikasi
2. Unit penalaran logika fuzzy
3. Unit basis pengetahuan, yang terdiri dari dua bagian :
 - a. Basis data, yang memuat fungsi-fungsi keanggotaan dari himpunan-himpunan fuzzy yang terkait dengan nilai dari variabel-variabel linguistik yang dipakai.
 - b. Basis aturan, yang memuat aturan-aturan berupa implikasi fuzzy.

4. Unit defuzzifikasi

Ini merupakan langkah terakhir yang dilakukan oleh sistem inferensi fuzzy, yaitu defuzzifikasi yaitu menerjemahkan himpunan-himpunan keluaran itu kedalam nilai-nilai tegas. Nilai tegas inilah yang kemudian direalisasikan dalam bentuk suatu tindakan yang dilaksanakan dalam proses itu.

2.3.1 Metode Fuzzy Mamdani

Sistem inferensi fuzzy metode Mamdani dikenal juga dengan nama metode *Max-Min*. Metode mamdani bekerja berdasarkan aturan-aturan



Gambar 2.8 Struktur dasar suatu sistem inferensi fuzzy

Sumber : Skripsi Aplikasi Logika Fuzzy dalam Optimasi Produksi Barang, 2011.

linguistik. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim H.Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan hasil, diperlukan 4 tahapan :

a.) Pembentukan himpunan fuzzy

Pada proses fuzzifikasi, langkah yang pertama adalah menentukan variabel fuzzy dan himpunan fuzzinya. Kemudian tentukan derajat kesepadanan (*degree of match*) antara data masukan fuzzy dengan himpunan fuzzy yang telah didefinisikan untuk setiap variabel masukan sistem dari setiap aturan fuzzy. Pada metode mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

b.) Aplikasi fungsi implikasi

Menyusun basis aturan, yaitu aturan-aturan berupa implikasi-implikasi fuzzy yang menyatakan relasi antara variabel input dengan variabel output. Pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah *Min*. Bentuk umumnya adalah sebagai berikut :

Jika a adalah A_i dan b adalah B_i , maka c adalah C_i

dengan A_i , B_i , C_i adalah predikat-predikat fuzzy yang merupakan nilai linguistik dari masing-masing variabel. Banyaknya aturan ditentukan oleh banyaknya nilai linguistik untuk masing-masing variabel input.

c.) Komposisi aturan

Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu :

a. Metode Max (Maximum)

Metode Max mengambil solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR. Secara umum dapat dituliskan :

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]) \quad (10)$$

Dengan :

$\mu_{sf}[x_i] =$ Nilai Keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[x_i] =$ Nilai keanggotaan konsekuen fuzzy sampai aturan ke-i

b. Metode Additive (Sum)

Metode Additive mengambil solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan bounded-sum terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dituliskan :

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \min(1, \mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) \quad (11)$$

Dengan :

$\mu_{sf}[x_i] =$ Nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[x_i] =$ Nilai keanggotaan konsekuen fuzzy sampai aturan ke-i

c. Metode Probabilistik (Probor)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan perkalian terhadap semua output daerah fuzzy.

Secara umum dituliskan :

$$U_{sf}[x_i] = (U_{sf}[x_i] + U_{kf}[x_i] - (U_{sf}[x_i] \cdot U_{kf}[x_i])) \quad (12)$$

d.) Penegasan (defuzzifikasi)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Metode defuzzifikasi pada komposisi aturan metode Mamdani yang umum digunakan adalah :

a. Metode Centroid

Solusi crisp diperoleh dengan mengambil titik pusat daerah fuzzy. Secara Umum dirumuskan :

$$z_0 = \frac{\int_a^b z \cdot \mu(z) dz}{\int_a^b \mu(z) dz}, \text{ Untuk domain kontinu} \quad (13)$$

Keterangan :

Z = nilai domain ke-i

$\mu(z)$ = derajat keanggotaan titik tersebut

Z_0 = nilai hasil penegasan(defuzzifikasi)

Dan untuk domain diskrit sebagai berikut :

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n d_i \cdot U_{A_i}(d_i)}{\sum_{i=1}^n U_{A_i}(d_i)}, \text{ untuk domain diskrit} \quad (14)$$

Keterangan :

Z = nilai hasil penegasan(defuzzifikasi)

d_i = nilai keluaran pada aturan ke- i

$U_{A_i}(d_i)$ = derajat keanggotaan nilai keluaran pada aturan ke- i

n = banyaknya aturan yang digunakan

b. Metode Bisektor

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*.

Secara umum dituliskan :

$$U_{(d)} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n U_{A_i}(d_i) \quad (15)$$

Keterangan :

d = nilai hasil penegasan (defuzzifikasi)

d_i = nilai keluaran pada aturan ke- i

$U_{A_i}(d_i)$ = derajat keanggotaan nilai keluaran pada aturan ke- i

n = banyak aturan yang digunakan

c. Metode Mean Of Maximum

Pada metode ini, solusi crips diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d. Metode Smallest Of Maximum

Pada metode ini, solusi crips diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum

e. Metode Largest Of Maximum

f. Pada metode ini, solusi crips diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum

2.4 Tanaman Kacang-Kacangan dan Morfologi Daunnya

Kacang-kacangan adalah jenis sayuran yang mencakup kacang buncis, kacang polong, kacang tanah dan kacang lentil. Kacang adalah istilah non-botani yang biasa dipakai untuk menyebut sejumlah tumbuhan polong-polongan.

Kacang biasanya mengandung protein dan/atau lemak yang cukup tinggi, sehingga banyak yang dihargai sebagai bahan pangan yang penting. Biji legume yang kering yang besar dan mengandung banyak tepung biasanya tidak disebut “kacang”, melainkan “kara” atau “koro”.

Selain membahas tentang kacang-kacangan, subbab ini juga menjelaskan tentang morfologi daun kacang-kacangan. Dan di subbab ini,

akan lebih banyak membicarakan tentang kacang kedelai. Daun sendiri merupakan organ penting dalam tumbuhan. Umumnya memiliki warna hijau daun (mengandung klorofil) dan terutama berfungsi menangkap energi dari cahaya matahari untuk proses fotosintesis.

1. Kedelai

Pada awalnya, kedelai dikenal dengan beberapa nama botani, yaitu *glycine soya* dan *soya max*. Namun pada tahun 1948 telah disepakati bahwa nama botani yang dapat diterima adalah *Glycine max* (L.) Merrill. Kedelai merupakan tanaman pangan berupa semak yang tumbuh tegak. Kedelai jenis liar *Glycine ururiensis*, merupakan kedelai yang menurunkan berbagai kedelai yang kita kenal sekarang *Glycine max* (L.) Merrill. Di Indonesia, yang dibudidayakan mulai abad ke-17 sebagai tanaman makanan dan pupuk hijau. Penyebaran tanaman kedelai ke Indonesia berasal dari daerah Manshukuo menyebar ke daerah Manchuria: Jepang (Asia Timur) dan ke negara-negara lain di Amerika dan Afrika.

Klasifikasi tanaman kedelai sebagai berikut :

Divisio	: <i>Spermatophyta</i>
Classis	: <i>Dicotyledoneae</i>
Ordo	: <i>Rosales</i>
Familia	: <i>Papilionaceae</i>
Genus	: <i>Glycine</i>
Spesies	: <i>Glycine max</i> (L.) Merrill

2. Morfologi Tanaman Kedelai

Tanaman kedelai umumnya tumbuh tegak, berbentuk semak, dan merupakan tanaman semusim. Morfologi tanaman kedelai didukung komponen utamanya yaitu akar, daun, batang, polong dan biji sehingga pertumbuhannya bisa optimal.

a. Akar

Akar kedelai mulai muncul dari belahan kulit biji yang muncul sekitar mesofil. Calon akar tersebut kemudian tumbuh dengan cepat kedalam tanah, sedangkan kotiledon yang terdiri dari dua keping akan terangkat ke permukaan tanah akibat pertumbuhan yang cepat dari hipokotil. Sistem perakaran kedelai terdiri dari dua macam yaitu akar tunggang dan akar serabut yang tumbuh dari akar tunggang. Perkembangan akar kedelai sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik dan kimia tanah, jenis tanah, cara pengolahan lahan, kecukupan unsur hara, serta ketersediaan air di dalam tanah. Pertumbuhan akar tunggang dapat mencapai sekitar 2 m atau lebih pada kondisi yang optimal, namun demikian, umumnya akar tunggang hanya tumbuh pada kedalaman lapisan tanah olah yang tidak terlalu dalam sekitar 30-50 cm.

b. Batang dan Cabang

Hipokotil pada proses perkecambahan merupakan bagian batang, mulai dari pangkal akar sampai kotiledon. Hipokotil dan dua keping kotiledon yang masih melekat pada hipokotil akan

menerobos ke permukaan tanah. Pertumbuhan batang kedelai dibedakan menjadi dua tipe, yaitu tipe determinate dan indeterminate. Perbedaan sistem pertumbuhan batang ini didasarkan atas keberadaan bunga pada pucuk batang. Pertumbuhan batang tipe determinate ditunjukkan dengan batang yang tidak tumbuh lagi pada saat tanaman mulai berbunga. Sementara pertumbuhan batang tipe indeterminate dicirikan bila pucuk batang tanaman masih bisa tumbuh daun, walaupun tanaman sudah mulai berbunga. Disamping itu, ada varietas hasil persilangan yang mempunyai tipe batang mirip keduanya sehingga dikategorikan sebagai semi-determinate atau semiindeterminate.

c. Bunga

Tanaman kacang-kacangan, termasuk tanaman kedelai, mempunyai dua stadia tumbuh, yaitu stadia vegetatif dan stadia reproduktif. Stadia vegetatif mulai dari tanaman berkecambah sampai saat berbunga, sedangkan stadia reproduktif mulai dari pembentukan bunga sampai pemasakan biji. Tanaman kedelai di Indonesia yang mempunyai panjang hari rata-rata sekitar 12 jam dan suhu udara yang tinggi ($>30^{\circ}$ C), sebagian besar mulai berbunga pada umur antara 5-7 minggu. Tanaman kedelai termasuk peka terhadap perbedaan panjang hari, khususnya saat pembentukan bunga. Bunga kedelai menyerupai kupu-kupu.

Tangkai bunga umumnya tumbuh dari ketiak tangkai daun yang diberi nama rasim.

d. Polong dan Biji

Polong kedelai pertama kali terbentuk sekitar 7-10 hari setelah munculnya bunga pertama. Panjang polong muda sekitar 1 cm. Jumlah polong yang terbentuk pada setiap ketiak tangkai daun sangat beragam, antara 1-10 buah dalam setiap kelompok. Pada setiap tanaman, jumlah polong dapat mencapai lebih dari 50, bahkan ratusan. Kecepatan pembentukan polong dan pembesaran biji akan semakin cepat setelah proses pembentukan bunga berhenti. Ukuran dan bentuk polong menjadi maksimal pada saat awal periode pemasakan biji. Hal ini kemudian diikuti oleh perubahan warna polong, dari hijau menjadi kuning kecoklatan pada saat masak.

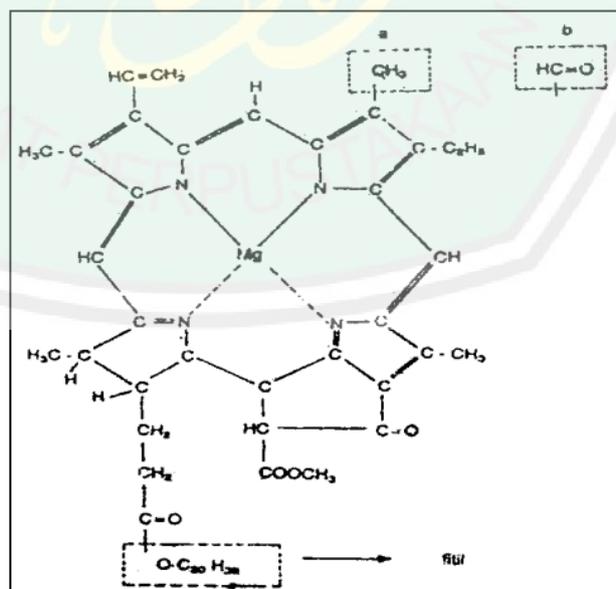
2.5 Klorofil (Hijau Daun)

Klorofil adalah pigmen hijau yang menempel pada membran tilakoid bertugas untuk menyerap daun yang terdapat dalam kloroplastida. Pada umumnya klorofil terdapat pada kloroplas sel-sel mesofil daun, yaitu pada sel-sel parenkim palisade dan atau parenkim bunga karang. Dalam kloroplas, klorofil terdapat pada membran thylakoid grana. Pada tumbuhan tingkat tinggi terdapat dua jenis klorofil yaitu klorofil-a dan klorofil-b. Pada keadaan normal, proporsi klorofil-a jauh lebih banyak dari pada klorofil-b. Selain klorofil, pada membran thylakoid juga terdapat pigmen-pigmen lain, baik

berupa turunan-turunan klorofil-a maupun pigmen lainnya. Kumpulan bermacam-macam pigmen fotosintesis disebut fotosistem.

Fungsi dari fotosistem adalah untuk menyerap energy cahaya pada reaksi terang untuk menghasilkan energy kimia berupa ATP dan NADPH₂. Molekul klorofil tersusun atas 4 cincin pirol dengan Mg sebagai inti. Pada klorofil terdapat rangkaian yang disebut fitil. Yang jika terkena air dengan pengaruh enzim klorofilase akan berubah menjadi fitol. Fitol ini adalah alcohol primer jenuh yang mempunyai daya afinitas yang kuat terhadap oksigen dalam proses reduksi klorofil.

Sifat fisik klorofil adalah menerima dan atau memantulkannya dalam gelombang yang berlainan. Klorofil banyak menyerap sinar dengan panjang gelombang antara 400-700 nm, terutama sinar merah dan biru. Gambar 9 merupakan gambar struktur fisik klorofil.



Gambar 2.9 Struktur Klorofil

Sumber : [http://id.wikipedia.org/wiki/Sel_\(biologi\)](http://id.wikipedia.org/wiki/Sel_(biologi)), (2013)

Sifat kimia klorofil antara lain :

1. Tidak larut dalam air, melainkan larut dalam pelarut organik yang lebih polar, seperti etanol dan kloroform.
2. Inti Mg akan tergeser oleh 2 atom H bila suasana asam, sehingga membentuk suatu persenyawaan yang disebut *feofitin* yang berwarna coklat. (Dwidjoseputro, 1994)

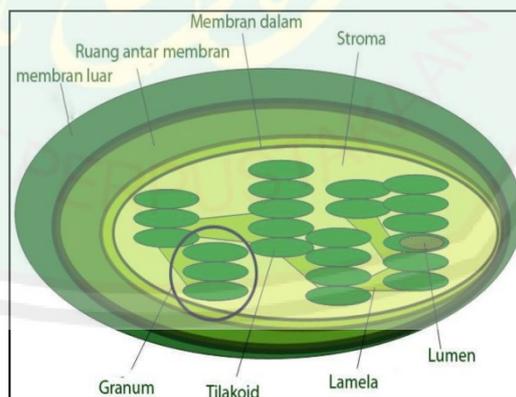
Tiga fungsi utama klorofil dalam proses fotosintesis adalah memanfaatkan energi matahari, memicu fiksasi CO₂ untuk menghasilkan karbohidrat dan menyediakan energi bagi ekosistem secara keseluruhan. Klorofil menyerap cahaya yang berupa radiasi elektromagnetik pada spectrum kasat mata (visible). Cahaya matahari mengandung semua warna spektrum kasat mata dari merah sampai violet, tetapi tidak semua panjang gelombang diserap dengan baik oleh klorofil. Klorofil dapat menampung cahaya yang diserap oleh pigmen lainnya melalui fotosintesis, sehingga klorofil disebut sebagai pigmen pusat reaksi fotosintesis. (Bahri, 2010)

Perkembangan kloroplas pada gambar 10, secara fungsional berasal dari proplastida yang ada pada kecambah. Seiring dengan berkembangnya daun pada kecambah, proplastida berkembang menjadi etioplas yang khas dengan badan prolamelar-nya. Oleh adanya cahaya yang cukup, badan prolamelar akan membentuk tilakoid dari kloroplas fungsional. Sintesis klorofil pada Angiospermae tergantung pada cahaya. Prekursor untuk sintesis klorofil adalah protoklorofilid yang disintesis dari protoporfirin IX oleh

magnesium menjadi cincin porfirin. Protoklorofilid diubah menjadi klorofilid a kemudian berkembang menjadi klorofil a melalui proses fitilasi (dengan menambahkan fitil). Bila klorofil a teroksidasi maka akan menjadi klorofil b.

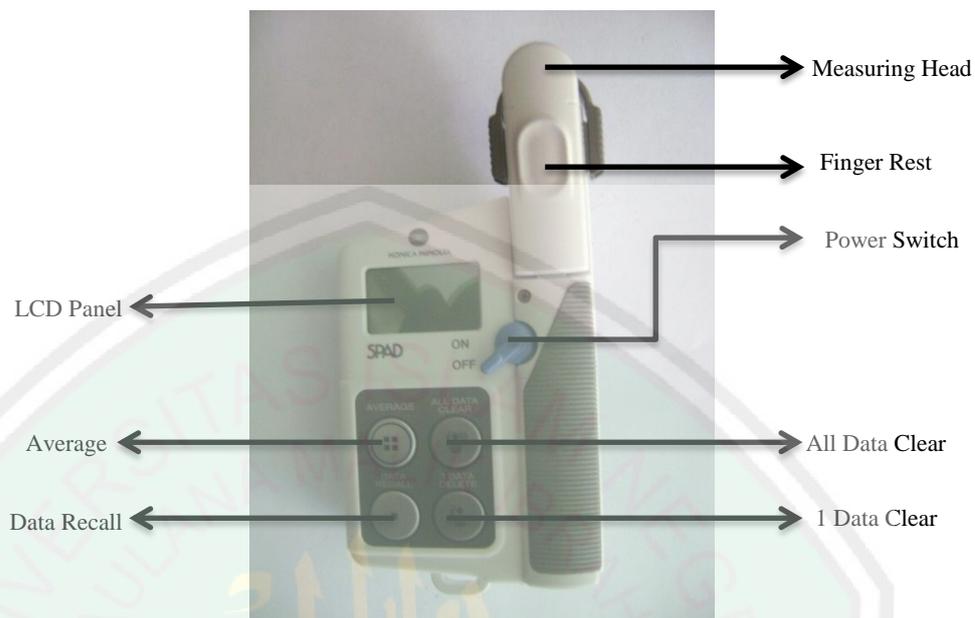
2.6 Klorofilmeter

Klorofilmeter adalah alat pengukur yang ringan yang digunakan untuk menentukan jumlah klorofil di dalam daun tanaman. Jumlah klorofil sendiri yang dalam satu daun tanaman itu dapat mewakili sebagai indikator dari kondisi keseluruhan tanaman itu sendiri. Secara umum, tanaman yang sehat mengandung lebih banyak klorofil daripada yang kurang sehat. Begitu juga dengan warna daun, semakin hijau warna daun maka semakin banyak pula jumlah klorofil di dalam daun tersebut. Dan nilai SPAD yang ditampilkan dalam klorofilmeter menyediakan indikasi jumlah relatif klorofil dalam satu daun tanaman.



Gambar 2.10 Struktur Kloroplas beserta bagian-bagiannya

Sumber : <http://www.ilmukimia.org/2013/04/contoh-senyawa-kompleks.html>,
(2013)



Gambar 2.11 Klorofilmeter beserta bagian-bagiannya.
Sumber : Dokumen Pribadi, 2013

Bagian-bagian klorofilmeter dan kegunaannya :

Tabel 2.2 Bagian-bagian klorofilmeter dan kegunaannya

Bagianbagian	Kegunaan
Power Switch	Untuk menghidupkan dan mematikan klorofilmeter
Measuring Head	Ketika ditekan kebawah, maka layar akan mengambil data jumlah klorofil melalui <i>measuring head</i>
LCD Panel	Tempat untuk menampilkan data jumlah klorofil
Finger Rest	Tempat untuk menaruh jari tangan untuk menekan <i>measuring head</i> agar mendapatkan data jumlah klorofil.
Average	Menghitung rata-rata dari seluruh data jumlah klorofil yang telah diambil sampel
Data Recall	Memanggil ulang data yang telah disimpan untuk ditampilkan ke dalam layar
All Data Clear	Menghapus semua data yang tersimpan
1 Data Clear	Menghapus satu data yang tersimpan

Sumber : SPAD 502 Plus Chlorophyll Meter

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Pada pembuatan aplikasi penghitung jumlah klorofil menggunakan metode Fuzzy Mamdani ini, tahapan yang pertama dilakukan adalah penelitian terkait bagaimana menghitung jumlah klorofil secara manual.

a) Survei lapangan

Survei lapangan dilakukan dengan cara melakukan pengamatan pada daun kedelai di Badan Penelitian Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian(Balitkapi), yang terletak di Kendalpayak, Malang.

b) Studi Literatur

Mencari dan mempelajari teori-teori terkait penelitian tentang kacang kedelai, klorofil, pengolahan citra, citra warna RGB, metode fuzzy mamdani melalui jurnal, *e-book*, buku, artikel, makalah dan jenis referensi lainnya.

c) Observasi dan pengumpulan data

Observasi dilakukan di rumah peneliti dengan meminjam alat Klorofilmeter dari Universitas Brawijaya(UB), melakukan penilaian hitung jumlah klorofil dengan alat tersebut dan mengumpulkan data-data klorofil yang telah dihitung sebanyak 25 daun.

d) Analisis data

Melakukan analisis data yang diperoleh dari pengamatan langsung dalam penelitian maupun studi literatur meliputi data tentang jumlah klorofil pada daun kedelai, metode fuzzy mamdani, dan citra warna RGB.

e) Perancangan dan pembuatan program

Merancang dan membuat program penghitungan jumlah klorofil daun kedelai dengan software Netbeans.

f) Uji coba dan evaluasi program

Melakukan uji coba program dan melakukan evaluasi program dengan menghitung nilai error antara program dengan hasil nyata di lapangan.

3.1.1 Objek Penelitian

Klasifikasi tanaman kedelai sebagai berikut :

Divisio : *Spermatophyta*

Classis : *Dicotyledoneae*

Ordo : *Rosales*

Familia : *Papilionaceae*

Genus : *Glycine*

Spesies : *Glycine max (L.) Merill*

3.1.2 Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah citra warna R dan G.

- b. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah jumlah klorofil dalam satu daun kedelai.

3.1.3 Tempat dan Waktu

Tempat penelitian perhitungan jumlah klorofil yaitu di rumah peneliti di daerah Jatimulyo, Lowokwaru, Malang dengan waktu penelitian terhitung dari Januari 2014 hingga Maret 2014.

3.1.4 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan penelitian ini antara lain :

- a. Klorofilmeter

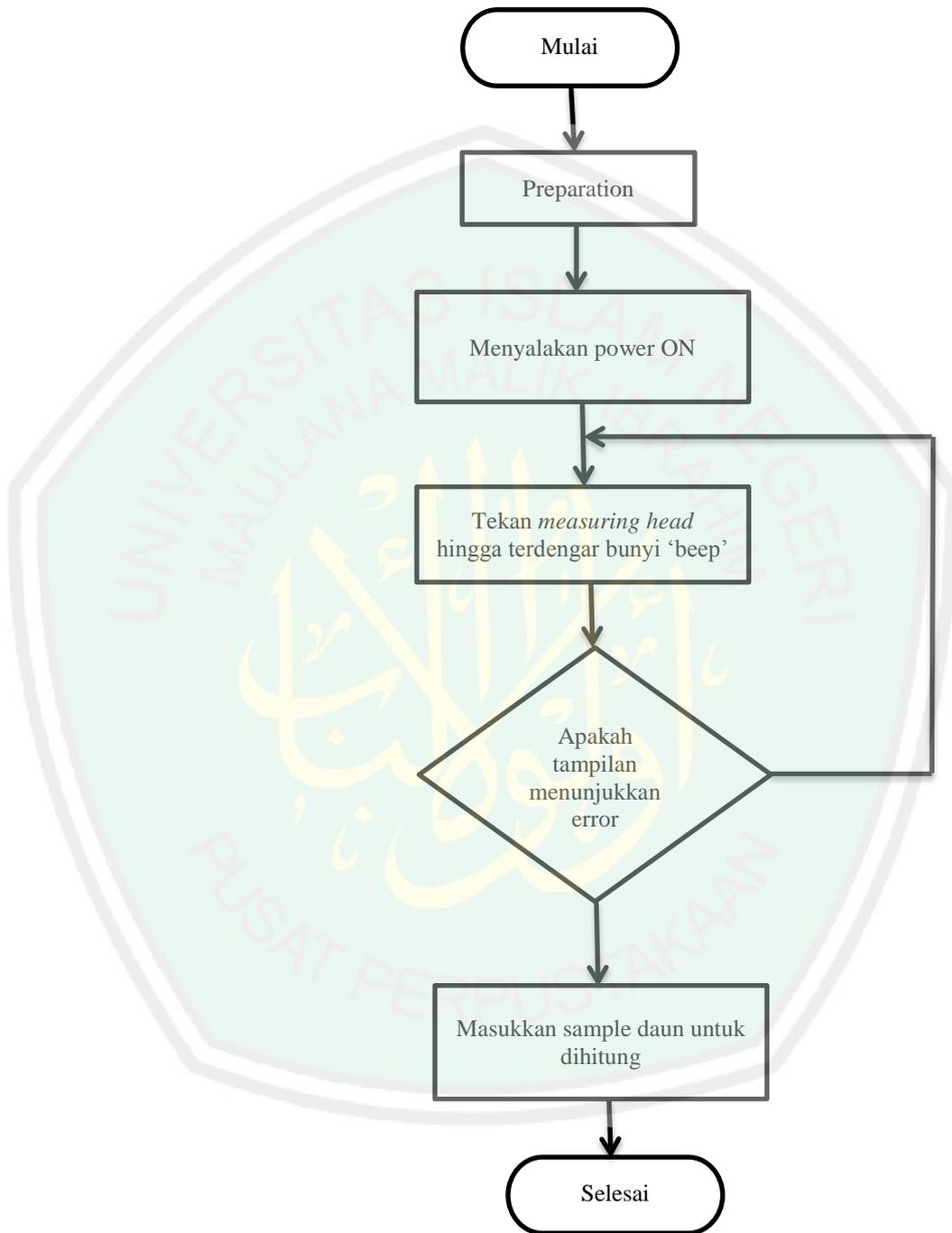
Sedangkan bahan yang digunakan :

- b. Daun kacang kedelai

3.2 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

3.2.1 Langkah Penghitungan Jumlah Klorofil dengan Menggunakan Klorofilmeter

Penentuan jumlah klorofil dengan *klorofilmeter* adalah cara yang paling mudah, cepat, dan teliti. Dalam perhitungan jumlah klorofil menggunakan *klorofilmeter* ada tiga langkah yaitu *preparations*, *calibration*, dan *taking measurements*, yang nantinya mempunyai langkah-langkahnya sendiri.

Gambar 3.1 Flowchart *Instructional Manual* Klorofilmeter

Langkah-langkah penggunaan *klorofilmeter* adalah :

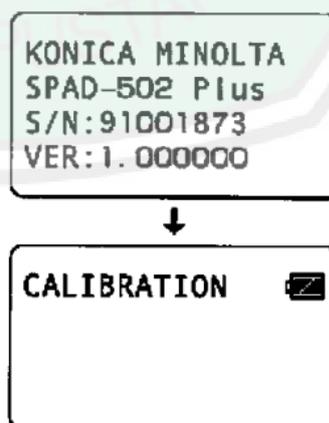
1. Preparations

Persiapan penggunaan *klorofilmeter* adalah mengecek dan menyediakan 2 baterai dengan ukuran AA. Dan dalam menyediakan baterai tidak boleh mencampur baterai dengan tipe yang berbeda.

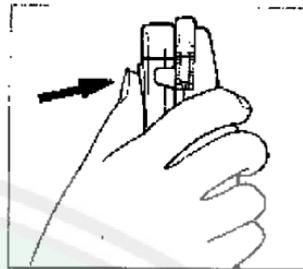
2. Calibrations

Dalam kalibrasi diperlukan bagi *klorofilmeter* yang diaktifkan setelah dimatikan. Dan langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- a) Menyalakan power ON. Dan *display* akan muncul seperti pada gambar 13.
- b) Tanpa contoh daun, tekan *measuring head* dalam posisi ON. Tekan hingga terdengar suara *beep* dan *display* akan muncul seperti pada gambar 14 dan 15.

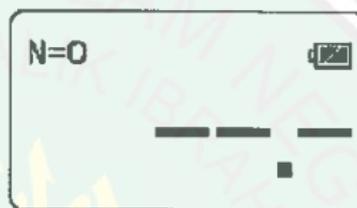


Gambar 3.2 Tampilan Klorofilmeter ketika dinyalakan
Sumber : Product Manual SPAD 502 Plus Chlorophyll Meter



Gambar 3.3 Posisi tangan ketika menekan *measuring head* dalam posisi ON.

Sumber : Product Manual SPAD 502 Plus Chlorophyll Meter



Gambar 3.4 Tampilan ketika proses kalibrasi telah selesai
Sumber : Product Manual SPAD 502 Plus Chlorophyll Meter

3. *Taking Measurements*

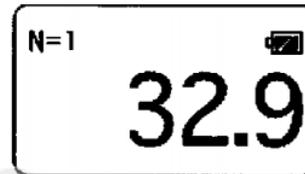
Pada langkah yang ini, *klorofilmeter* mulai penghitungan dan menyimpan hasil jumlah klorofil pada layar yang digunakan.

Dan langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan kalibrasi
- b. Memasukkan sampel yang akan diukur ke dalam slot sampel dari kepala pengukur
- c. Tekan pada tempat jari untuk menutup *measuring head*.

Tahan untuk ditutup hingga terdengar bungi *beep* dan nilai yang terukur muncul di layar seperti pada gambar 16.

Pengukuran akan secara otomatis disimpan dalam memori.



Gambar 3.5 Tampilan ketika langkah pengukuran jumlah klorofil daun.
Sumber : Product Manual SPAD 502 Plus Chlorophyll Meter

3.3 Pengambilan Data

Pengamatan dan pengambilan data disini adalah pengamatan jumlah klorofil dan membuat program hitung rata-rata nilai RGB setiap daun dengan ukuran 100x100 pixel. Data nilai *Red* dan *Green* tadi selanjutnya digunakan sebagai nilai inputan dalam metode Fuzzy Mamdani, sehingga akan dihasilkan output berupa jumlah klorofil berdasarkan nilai citra *Red* dan *Green*.

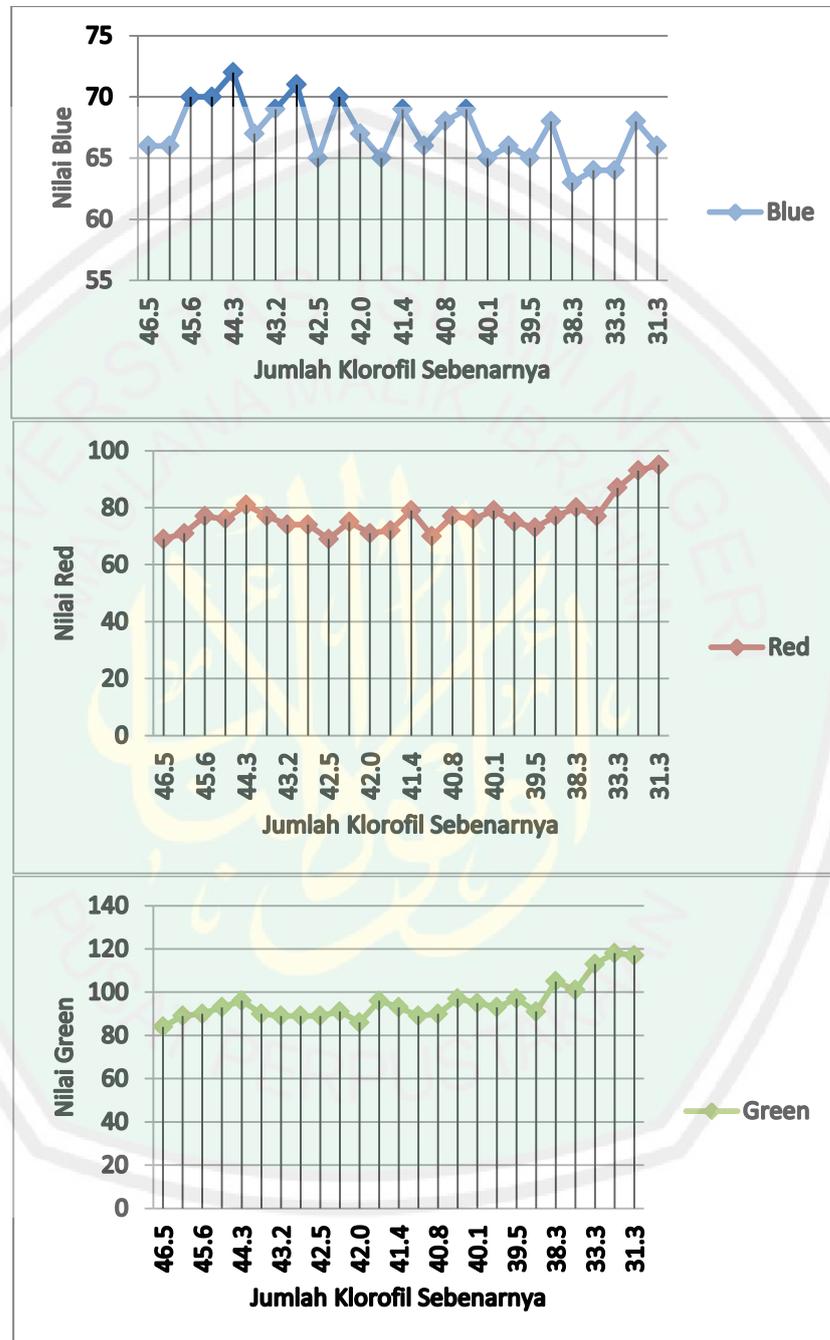
Dari tabel data 3.1, kemudian nanti akan digunakan untuk menyusun pembentukan himpunan fuzzy, dengan input R dan G. Outputnya adalah jumlah klorofil setelah diproses dalam fuzzy. Dalam penelitian ini, digunakan input *Red* dan *Green* tanpa warna *Blue*, karena pada penelitian yang dilakukan oleh Aynalem¹ indeks MNDVI (*modified normalized differences of vegetation index*) dan rasio antara komponen *green* dan *red* pada citra RGB digunakan untuk mengamati perubahan warna pada bagian tumbuhan. Selanjutnya diselidiki pola hubungan antara ketiga warna (*red, green, blue*) dengan jumlah klorofil sebenarnya yang terbaca pada klorofilmeter. Gambar 22 menunjukkan pola hubungan antara jumlah klorofil dengan nilai *red*,

¹ Aynalem, Hailu M, Righetti, Timothy L., and Reed, Barbara M. 2006. Non Destructive Evaluation Of In-Vitro Stored Plants: A Comparasion of Visual and Image Analysis. In Vitro Cell. Dev. Biol-Plant. 42:562-567 Society for In Vitro Biology.

green, dan *blue*. Tabel uji signifikansi untuk uji signifikansi dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 3.1 Daftar jumlah klorofil sebenarnya beserta RGB

Daun Ke-	Jumlah Klorofil Sebenarnya	Red	Green	Blue
Data Training				
1	45.6	77	90	70
2	44.3	81	96	72
3	42.0	71	86	67
4	40.4	76	97	69
5	42.6	74	89	71
6	38.8	77	91	68
7	39.9	75	93	66
8	40.8	77	90	68
9	40.1	79	95	65
10	43.2	74	89	69
11	31.3	95	117	66
12	39.5	73	97	65
13	43.6	77	90	67
14	38.3	80	105	63
15	33.3	87	113	64
16	41.4	79	96	69
17	32.5	93	118	68
18	41.0	70	89	66
19	34.5	77	101	64
20	42.5	69	89	65
21	42.5	75	91	70
22	45.7	71	89	66
23	46.5	69	84	66
24	44.9	76	93	70
25	41.4	72	93	65



Gambar 3.6 Pola Hubungan Jumlah Klorofil Sebenarnya dengan nilai *red*, *green* dan *blue*

Setelah melakukan pengujian data signifikansi pengaruh nilai-nilai warna terhadap jumlah klorofil sebenarnya, didapatkan kesimpulan bahwa

nilai *red* mempunyai korelasi yang signifikan dengan jumlah klorofil dengan nilai signifikansi $0.000 < 0.01$, sehingga nilai *red* memiliki korelasi yang signifikan dengan jumlah klorofil. Begitu juga antara nilai *green* dengan jumlah klorofil nilai signifikansi $0.000 < 0.01$ yang berarti terdapat korelasi yang signifikan. Gambar 18 merupakan gambar korelasi antaran nilai *red* dan *green* dengan Jumlah Klorofil.

Terakhir, antara nilai *blue* dengan jumlah klorofil nilai signifikansi $0.029 < 0.05$ yang berarti juga terdapat korelasi yang signifikan. Tetapi, jika melihat dari tabel uji signifikansi nilai *red* dan *blue* mempunyai nilai korelasi yang signifikan pada tingkat 0,01 atau 1%. Sedangkan nilai *blue* mempunyai nilai korelasi yang signifikan pada tingkat 0,05 atau 5%. Sehingga, alasan ini mengapa nilai *blue* tidak dimasukkan kedalam himpunan fuzzy.

Correlations

		red	green	blue	klorofil
red	Pearson Correlation	1	.908**	.011	-.755**
	Sig. (2-tailed)		.000	.958	.000
	N	25	25	25	25
green	Pearson Correlation	.908**	1	-.272-	-.874**
	Sig. (2-tailed)	.000		.188	.000
	N	25	25	25	25
blue	Pearson Correlation	.011	-.272-	1	.436*
	Sig. (2-tailed)	.958	.188		.029
	N	25	25	25	25
klorofil	Pearson Correlation	-.755**	-.874**	.436*	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.029	
	N	25	25	25	25

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Gambar 3.7 Korelasi Nilai *red* dan *green* terhadap Jumlah Klorofil

3.4 Desain Sistem dan Desain Alur

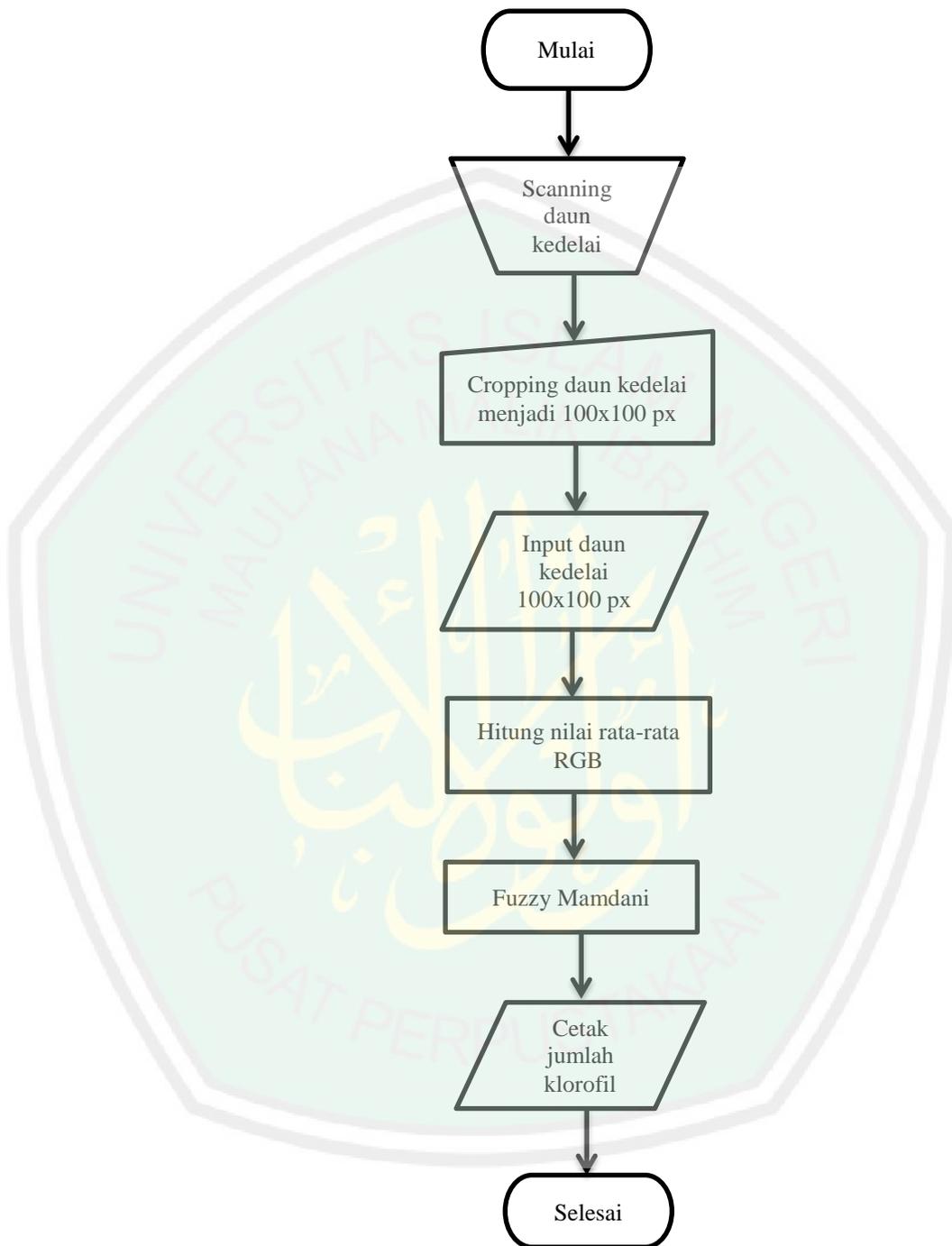
Pada tahapan ini, akan dijelaskan mengenai desain aplikasi sistem untuk implementasi metode Fuzzy Mamdani. Desain aplikasi ini meliputi desain data, algoritma yang digunakan dalam sistem yang digambarkan dengan diagram alir, desain proses. Desain data berisikan penjelasan data yang diperlukan untuk menerapkan metode pada pengolahan citra ini. Desain data berisi data masukan, data selama proses, dan data output.

Desain proses antara lain menjelaskan tentang proses awal (*preprocessing*), mencari nilai rata-rata RGB satu image, dan perhitungan jumlah klorofil menggunakan metode fuzzy mamdani.

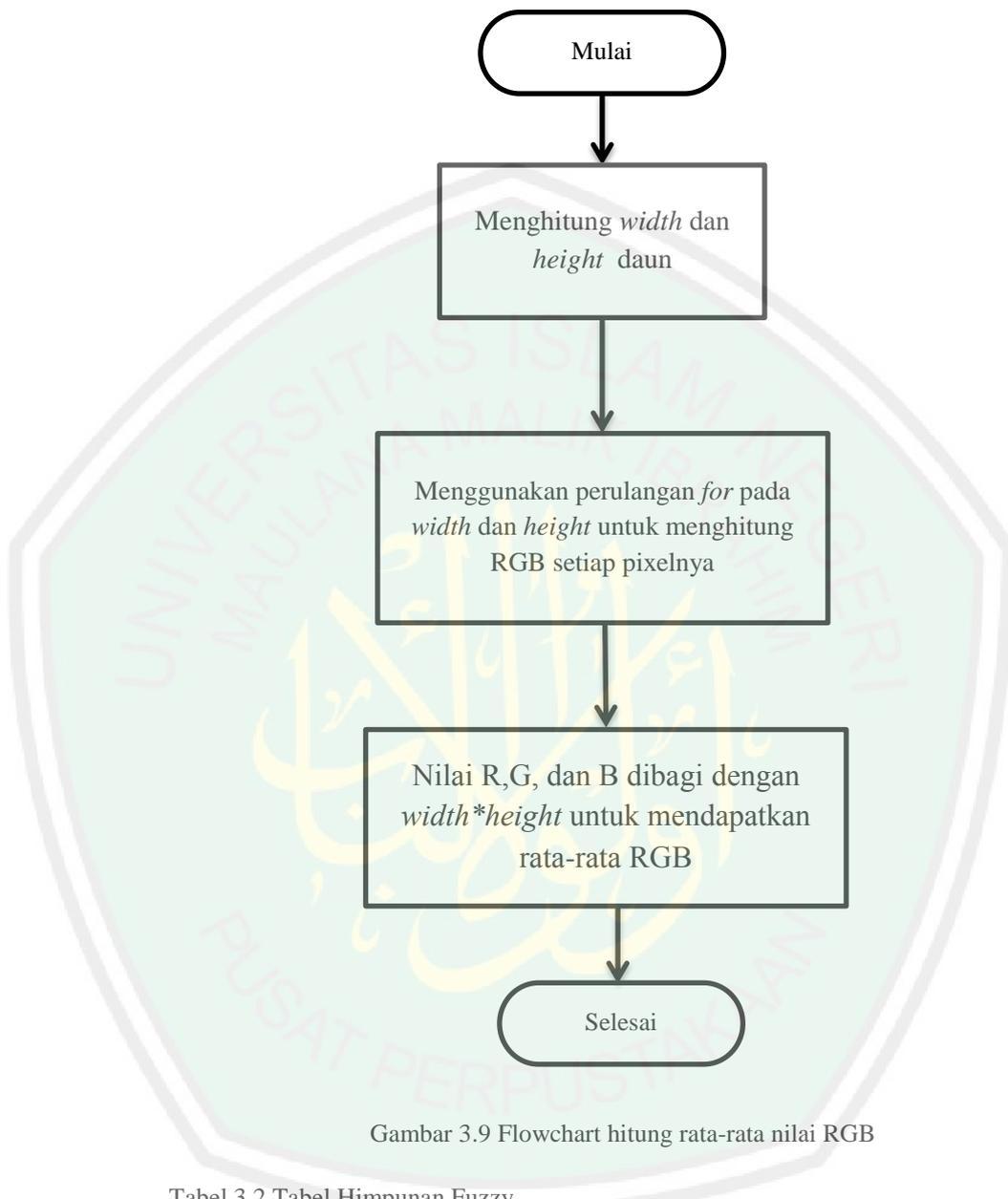
Desain sistem dalam program penghitungan jumlah klorofil berdasarkan nilai *Red* dan *Green* adalah sistem inferensi fuzzy mamdani yang diproses dalam software. Dalam penelitian ini, alur sistem atau flowchart adalah seperti pada gambar 3.8.

Pada proses awal, terdiri dari hitung jumlah RGB setiap pixel, kemudian dicari rata-rata RGB satu *image*. Gambar 3.9 adalah flowchart dari proses hitung nilai rata-rata RGB setiap image daun.

Kemudian, pembentukan himpunan fuzzy yang berupa input *Red* dan *Green* dan output berupa jumlah klorofil. Variabel input dan variabel output dibagi dalam beberapa himpunan.



Gambar 3.8 Flowchart Sistem Hitung Jumlah Klorofil

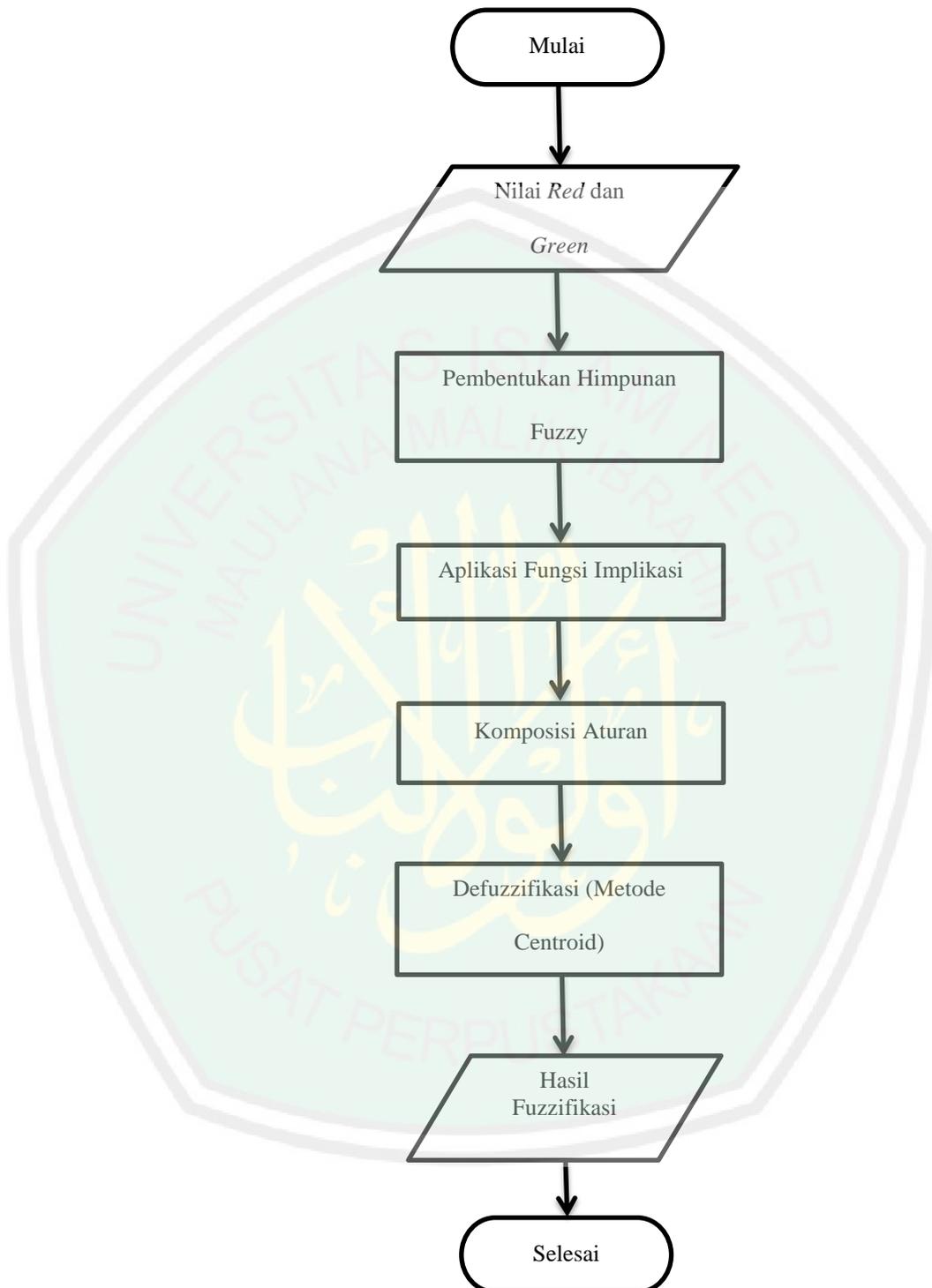


Tabel 3.2 Tabel Himpunan Fuzzy

	Variabel	Himpunan
Input	<i>Red</i>	Rendah Sedang Tinggi
	<i>Green</i>	Rendah Sedang Tinggi
Output	Klorofil	Rendah Tinggi

Setelah nilai-nilai *Red* dan *Green* dikelompokkan dalam himpunan tersebut seperti pada tabel 3.2, kemudian dimasukkan ke dalam sistem inferensi fuzzy mamdani. Langkah fuzzifikasi, dijelaskan dalam flowchart pada gambar 3.10 dan beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Menentukan variabel, himpunan dan domain fuzzy, dan aturan fuzzy yang diperoleh dari hasil pengambilan data di lapangan.
2. Menentukan nilai keanggotaan untuk setiap variabel
3. Kemudian dari aturan-aturan tersebut dilakukan proses implikasi menggunakan fungsi MIN untuk memperoleh α -predikat.
4. Komposisi aturan dengan menggunakan metode MAX. Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR.
5. Langkah selanjutnya yaitu defuzzifikasi dengan menghitung nilai rata-rata terbobot untuk memunculkan nilai output (*crisp*).



Gambar 3.10 Flowchart Fuzzy Mamdani

Pada proses awal, terdiri dari hitung jumlah RGB setiap pixel, kemudian dicari rata-rata RGB satu gambar. Kemudian, pembentukan himpunan fuzzy yang berupa input *Red* dan *Green* dan output berupa jumlah klorofil. Variabel input dan variabel output dibagi dalam beberapa himpunan.

3.4.1 Pembentukan Himpunan Fuzzy

Didalam pembentukan himpunan Fuzzy, ada beberapa hal yang harus diperhatikan mengenai pembagian Nilai *Red* dan *Green* ke dalam 3 bagian (rendah, sedang, dan tinggi) dan nilai jumlah klorofil ke dalam 2 bagian (rendah dan tinggi). Pembagian nilai *red* dan *green* ini disesuaikan dengan nilai *mean* suatu data hasil penelitian. Kemudian nilai *median* itu dibagi menjadi 3 titik nilai *median*, yaitu *median I*, *median II*, dan *median III*.

Sedangkan pembagian nilai jumlah klorofil ke dalam 2 bagian (rendah dan tinggi) disesuaikan pada penelitian Dobermann dan Fairhurst (2000). Di dalam penelitian tersebut, Dobermann dan Fairhurst menyatakan bahwa nilai SPAD (ukuran yang digunakan dalam klorofil meter) sebesar 35 daun paling atas yang telah mengembang sempurna digunakan sebagai suatu nilai batas bagi kekurangan N (nitrogen) sehingga perlu diberikan N. Sehingga disimpulkan pembagian jumlah klorofil yang rendah itu ≤ 35 , sedangkan jumlah klorofil yang tinggi itu ≥ 35 .

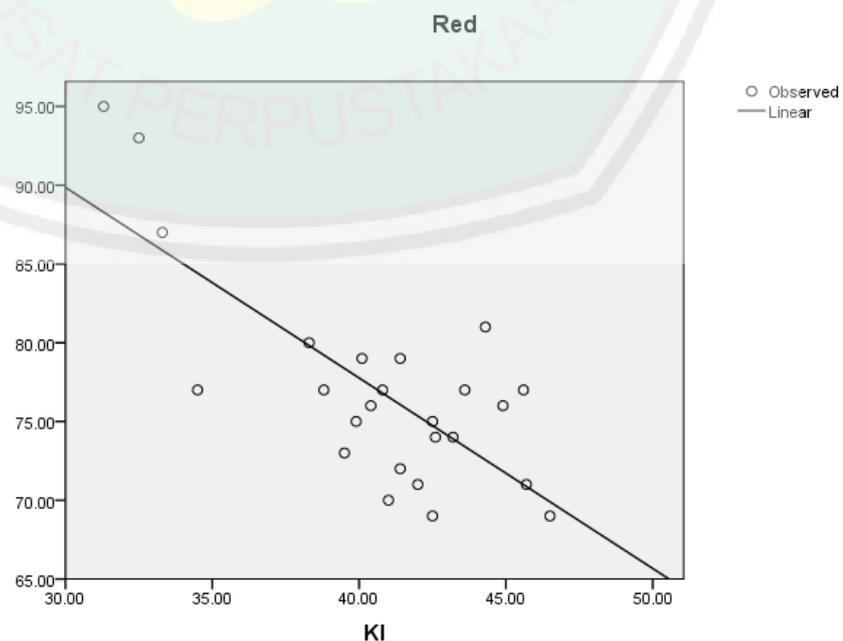
a.) Nilai *Red*

Pada variabel *red* didefinisikan tiga himpunan fuzzy, yaitu RENDAH, SEDANG, TINGGI. Dalam penelitian ini digunakan

kurva naik dan kurva turun sebagai representasi dari kelinieran nilai *red* terhadap jumlah klorofil sebenarnya.

Untuk merepresentasikan variabel *red* digunakan bentuk kurva bahu kiri, untuk himpunan fuzzy RENDAH, bentuk kurva segitiga untuk himpunan fuzzy SEDANG, bentuk kurva bahu kanan untuk himpunan fuzzy TINGGI. Gambar himpunan fuzzy untuk variabel *red* ditunjukkan pada gambar 3.12 sedangkan tabel 3.3 adalah tabel himpunan dan domain dari nilai *red*.

Gambar lingkaran kecil ($^{\circ}$) pada gambar 3.11, itu menandakan nilai *red* sedangkan garis lurus merupakan garis linier antara nilai *red* dengan jumlah klorofil sebenarnya. Jika dilihat, maka lingkaran kecil lebih banyak yang mendekati garis linier daripada menjauhi. Itu sebabnya dalam membangun fungsi keanggotaan himpunan ini menggunakan garis linier atau kurva linier.



Gambar 3.11 Kelinieran Nilai *red* terhadap jumlah Klorofil

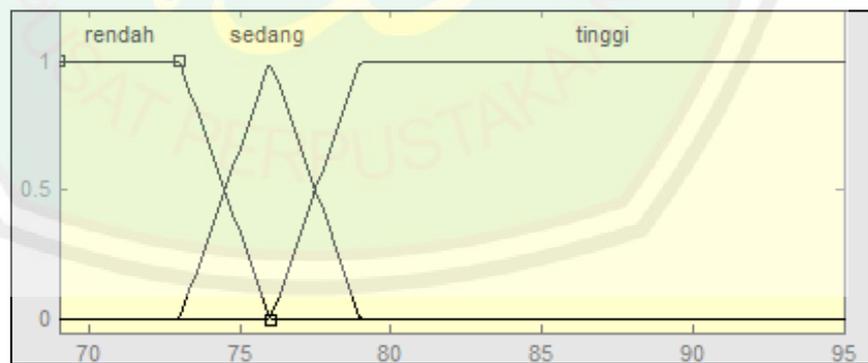
Dengan fungsi keanggotaan adalah sebagai berikut :

$$\mu_{r \text{ RENDAH}}[r] = \begin{cases} 1; x \leq 73 \\ \frac{76-x}{76-73}; 73 < x < 76 \\ 0; x \geq 76 \end{cases}$$

$$\mu_{r \text{ SEDANG}}[r] = \begin{cases} 0; x \leq 73 \text{ dan } x \geq 79 \\ \frac{x-73}{76-73}; 73 < x < 76 \\ \frac{79-x}{79-76}; 76 < x < 79 \end{cases} \quad (16)$$

$$\mu_{r \text{ TINGGI}}[r] = \begin{cases} 0; x \leq 76 \\ \frac{x-76}{79-76}; 76 < x < 79 \\ 1; x \geq 79 \end{cases}$$

Nilai *red* dianggap rendah bila nilainya antara 69 sampai 76, dianggap sedang bila nilai *red* antara 73 sampai 79, dan dianggap berat bila nilai *red* antara 76 sampai 95.



Gambar 3.12 Fungsi Keanggotaan Variabel nilai *Red* (*r*)

Tabel 3.3 Himpunan dan Domain Nilai *Red* (*r*)

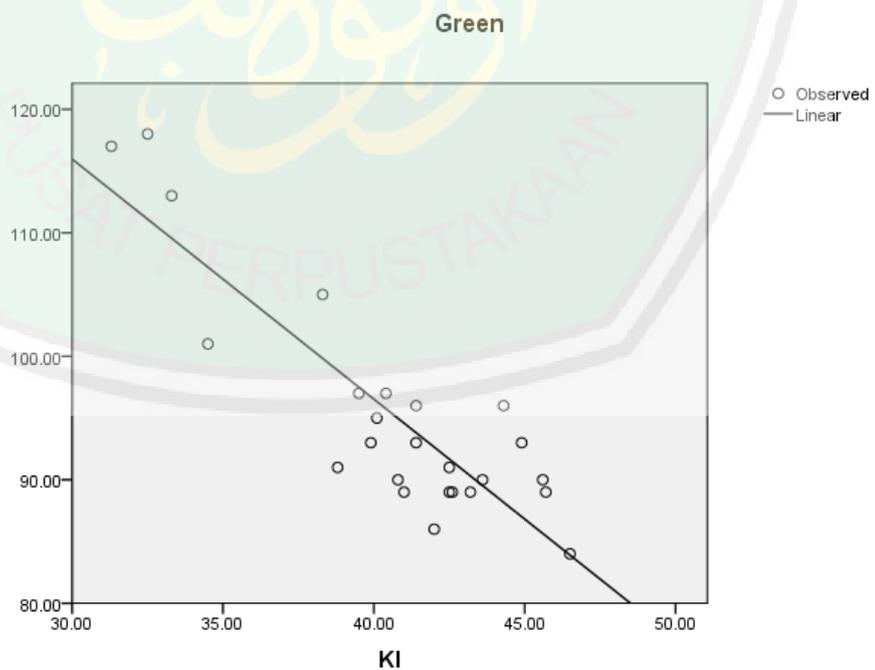
Himpunan	Domain
Rendah	[69 76]
Sedang	[73 79]
Tinggi	[76 95]

b.) Nilai *Green*

Variabel nilai *Green* (g) dibagi menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu RENDAH, SEDANG, TINGGI.

Dalam penelitian ini digunakan kurva naik dan kurva turun sebagai representasi dari kelinieran nilai *green* terhadap jumlah klorofil sebenarnya.

Gambar lingkaran kecil ($^{\circ}$) pada gambar 3.13 itu menandakan nilai *green* sedangkan garis lurus merupakan garis linier antara nilai *green* dengan jumlah klorofil sebenarnya. Jika dilihat, maka lingkaran kecil lebih banyak yang mendekati garis linier daripada menjauhi. Itu sebabnya dalam membangun fungsi keanggotaan himpunan ini menggunakan garis linier atau kurva linier.



Gambar 3.13 Kelinieran Nilai *green* terhadap jumlah Klorofil

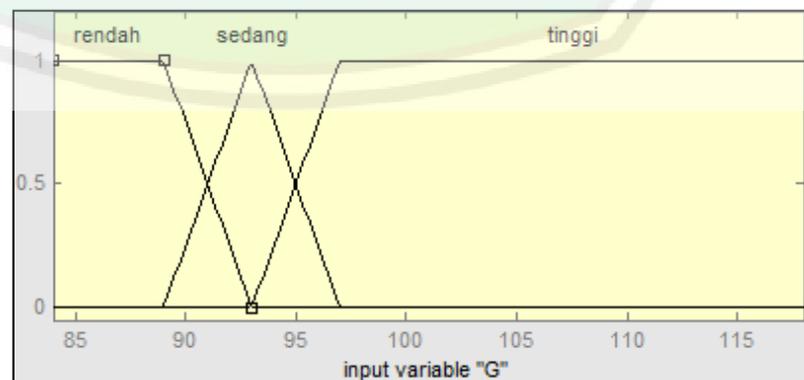
Untuk merepresentasikan variabel nilai $green(g)$ digunakan bentuk kurva bahu kiri untuk himpunan fuzzy RENDAH, bentuk kurva segitiga untuk himpunan fuzzy SEDANG, dan bentuk bahu kurva bahu kanan untuk himpunan fuzzy TINGGI. Representasi himpunan fuzzy untuk variabel $green(g)$ ditunjukkan pada gambar 3.14 sedangkan tabel 3.4 adalah tabel himpunan dan domain dari nilai $green$.

Dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut :

$$\mu_{g \text{ RENDAH}}[g] = \begin{cases} 1; & x \leq 89 \\ \frac{93 - x}{93 - 89}; & 89 < x < 93 \\ 0; & x \geq 93 \end{cases}$$

$$\mu_{g \text{ SEDANG}}[g] = \begin{cases} 0; & x \leq 89 \text{ dan } x \geq 97 \\ \frac{x - 89}{93 - 89}; & 89 < x < 93 \\ \frac{97 - x}{97 - 93}; & 93 < x < 97 \end{cases} \quad (17)$$

$$\mu_{g \text{ TINGGI}}[g] = \begin{cases} 0; & x \leq 93 \\ \frac{x - 93}{97 - 93}; & 93 < x < 97 \\ 1; & x \geq 97 \end{cases}$$



Gambar 3.14 Fungsi Keanggotaan Variabel nilai $green(g)$

Tabel 3.4 Himpunan dan Domain Nilai *Green(g)*

Himpunan	Domain
Rendah	[84 93]
Sedang	[89 97]
Tinggi	[93 118]

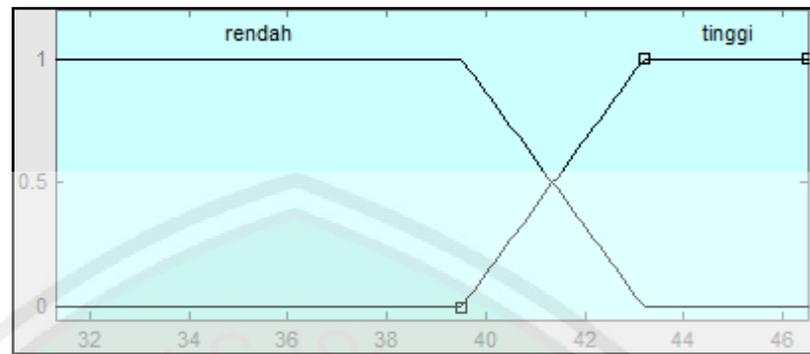
c.) Nilai Klorofil

Variabel nilai klorofil(*kl*) dibagi menjadi 2 himpunan fuzzy, yaitu RENDAH dan TINGGI. Untuk merepresentasikan nilai klorofil RENDAH, digunakan kurva bahu kiri. Untuk merepresentasikan nilai klorofil TINGGI, digunakan kurva bahu kanan. Representasi himpunan fuzzy dengan variabel nilai klorofil digambarkan pada gambar 3.15 sedangkan tabel 3.5 adalah tabel himpunan dan domain dari nilai klorofil.

Dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut :

$$\mu_{kl \text{ RENDAH}}[kl] = \begin{cases} 1; & x \leq 39.5 \\ \frac{43.2 - x}{43.2 - 39.5}; & 39.5 < x < 43.2 \\ 0; & x \geq 43.2 \end{cases} \quad (18)$$

$$\mu_{kl \text{ TINGGI}}[kl] = \begin{cases} 0; & x \leq 39.5 \\ \frac{x - 39.5}{43.2 - 39.5}; & 39.5 < x < 43.2 \\ 1; & x \geq 43.2 \end{cases}$$



Gambar 3.15 Fungsi Keanggotaan Variabel Nilai Klorofil(*kl*)

Tabel 3.5 Himpunan dan Domain Nilai Klorofil(*kl*)

Himpunan	Domain
Rendah	[31.3 39.5]
Tinggi	[39.5 46.5]

3.4.2 Fungsi Implikasi Aturan Fuzzy

Setelah dilakukan pembentukan himpunan fuzzy, maka dilakukan pembentukan aturan fuzzy. Aturan-aturan dibentuk untuk menyatakan relasi antara input dan output. Tiap aturan merupakan suatu implikasi. Operator yang digunakan untuk menghubungkan antara dua input adalah operator AND dan yang memetakan antara input-output adalah IF-THEN. Proposisi yang mengikuti IF disebut anteseden dan proposisi yang mengikuti THEN disebut konsekuen.

Berdasarkan basis pengetahuan dari data klorofil dan nilai *red* dan *green*, maka didapatkan aturan-aturan seperti pada tabel 3.6

Sedangkan fungsi implikasi yang digunakan dalam metode fuzzy Mamdani adalah metode MIN, sehingga diambil nilai minimal diantara keduanya

[R1] Jika *Red* rendah dan *Green* rendah maka *klorofil* tinggi

$$\alpha - \text{prediket}_1 = \min(\mu_{r \text{ RENDAH}} : \mu_{g \text{ RENDAH}})$$

[R2] Jika *Red* sedang dan *Green* rendah maka *klorofil* tinggi

$$\alpha - \text{prediket}_2 = \min(\mu_{r \text{ SEDANG}} : \mu_{g \text{ RENDAH}})$$

[R3] Jika *Red* sedang dan *Green* sedang maka *klorofil* tinggi

$$\alpha - \text{prediket}_3 = \min(\mu_{r \text{ SEDANG}} : \mu_{g \text{ SEDANG}})$$

[R4] Jika *Red* rendah dan *Green* sedang maka *klorofil* tinggi

$$\alpha - \text{prediket}_4 = \min(\mu_{r \text{ RENDAH}} : \mu_{g \text{ SEDANG}})$$

[R5] Jika *Red* rendah dan *Green* tinggi maka *klorofil* rendah

$$\alpha - \text{prediket}_5 = \min(\mu_{r \text{ RENDAH}} : \mu_{g \text{ TINGGI}})$$

[R6] Jika *Red* sedang dan *Green* tinggi maka *klorofil* rendah

$$\alpha - \text{prediket}_6 = \min(\mu_{r \text{ SEDANG}} : \mu_{g \text{ TINGGI}})$$

[R7] Jika *Red* tinggi dan *Green* sedang maka *klorofil* rendah

$$\alpha - \text{prediket}_7 = \min(\mu_{r \text{ TINGGI}} : \mu_{g \text{ SEDANG}})$$

[R8] Jika *Red* tinggi dan *Green* tinggi maka *klorofil* rendah

$$\alpha - \text{prediket}_8 = \min(\mu_{r \text{ TINGGI}} : \mu_{g \text{ TINGGI}})$$

3.4.3 Komposisi Antar Aturan

Dari hasil aplikasi fungsi implikasi dari tiap aturan, digunakan metode MAX untuk melakukan komposisi antar aturan. Sehingga diperoleh hasil komposisi sebagai berikut :

$$\mu_{sf}[x_7] \leftarrow \max(\mu_{kf}[x_1], \mu_{kf}[x_2], \mu_{kf}[x_3], \mu_{kf}[x_4], \mu_{kf}[x_5], \mu_{kf}[x_6], \mu_{kf}[x_7]) \quad (10)$$

Dari hasil komposisi diatas diambil nilai tertinggi dan nilai terendah. Untuk nilai tertinggi digunakan sebagai batas atas dan nilai terendah digunakan sebagai batas bawah. Untuk mencari daerah himpunan output jumlah klorofil.

Maka, himpunan output jumlah klorofil adalah sebagai berikut :

- Nilai keanggotaan batas bawah (α_1)

$$\alpha_1 = \text{btsbawah} * (\text{KlorTinggi}-\text{KlorRendah}) + \text{KlorRendah}$$

- Nilai keanggotaan batas atas (α_2)

$$\alpha_2 = \text{btstinggi} * (\text{KlorTinggi}-\text{KlorRendah}) + \text{KlorRendah}$$

3.4.4 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi mamdani diperoleh dengan membagi jumlah seluruh Momen (M) dengan jumlah seluruh Luas Daerah (A), seperti perhitungan berikut :

Maka, himpunan *output* jumlah klorofil adalah sebagai berikut :

- $M1 = \int_0^{\alpha_1} \text{maxrendah} z dz$

- $M2 = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{z - \text{KlorRendah}}{\text{KlorTinggi} - \text{KlorRendah}} z dz$

- $M3 = \int_{\alpha_2}^{\text{KlorTinggi}} \text{maxtinggi} z dz$

- $A1 = P * L = \text{nilai } \alpha_1 * \text{maxrendah}$

- $A2 = \sum \text{sisi sejajar} * \text{tinggi} / 2 = (\text{maxrendah} + \text{maxtinggi}) * (\text{nilai } \alpha_2 - \text{nilai } \alpha_1) / 2$

- $A3 = P * L = (\text{KlorTinggi} - \text{nilai } \alpha_2) * \text{maxtinggi}$

- Titik pusat jumlah klorofil (centroid) = $(M1+M2+M3) / (A1+A2+A3)$

3.5 Keluaran

Keluaran berupa angka numerik yaitu jumlah klorofil dalam daun ukuran 100 x 100 pixel yang datanya diperoleh dari hasil output proses perhitungan fuzzy Mamdani.

Tabel 3.6 Pembentukan Aturan Fuzzy Mamdani

No	Nilai RGB		Jumlah Klorofil
	<i>Red(r)</i>	<i>Green(g)</i>	
1	Rendah	Rendah	Tinggi
2	Sedang	Rendah	Tinggi
3	Sedang	Sedang	Tinggi
4	Rendah	Sedang	Tinggi
5	Rendah	Tinggi	Rendah
6	Sedang	Tinggi	Rendah
7	Tinggi	Sedang	Rendah
8	Tinggi	Tinggi	Rendah

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini dibahas mengenai hasil uji coba program yang telah dirancang dan dibuat, serta kontribusi program. Uji coba dilakukan untuk mengetahui apakah program dapat berjalan sebagaimana mestinya dengan lingkungan uji coba yang telah ditentukan serta dilakukan sesuai dengan skenario uji coba.

Ada beberapa hasil uji coba yang telah dilakukan terhadap data yang telah dipilih, antara lain : menghitung jumlah klorofil. Sebelumnya perlu diketahui lingkungan uji coba yang digunakan dalam melakukan uji coba dalam skripsi ini.

4.1 Lingkungan Uji Coba

Pada subbab ini dijelaskan mengenai lingkungan uji coba yang meliputi perangkat lunak, perangkat keras dan alat lain yang digunakan. Spesifikasi yang digunakan antara lain adalah seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Daftar perangkat yang digunakan

Peralatan	Spesifikasi
Perangkat Keras	Prosesor : Intel Core i5-2410M CPU 2.3GHz Memori RAM : 4 GB Memory HDD : 500 GB
Perangkat Lunak	Sistem Operasi : Microsoft Windows 7 Perangkat Pengembang : Netbeans IDE 7.1 Matlab R2011a Microsoft Office Excel 2010 Java JRE 1.8
Alat lain	Klorofilmeter

4.2 Pembentukan Himpunan Fuzzy

4.2.1 Nilai Red

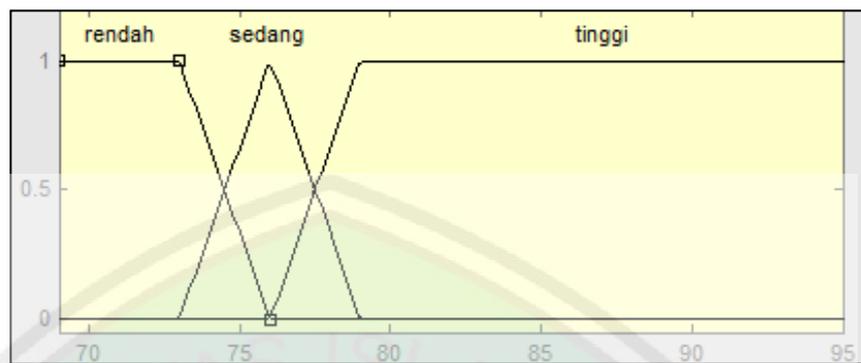
Pada variabel *red* didefinisikan tiga himpunan fuzzy, yaitu RENDAH, SEDANG, dan TINGGI. Untuk merepresentasikan *red* digunakan bentuk kurva bahu kiri untuk himpunan fuzzy RENDAH. Dan bentuk kurva segitiga untuk himpunan fuzzy SEDANG. Dan bentuk kurva bahu kanan untuk himpunan fuzzy TINGGI. Untuk himpunan *red* yang RENDAH yang bernilai 1 mempunyai domain himpunan dari nilai 69-73. Dan untuk himpunan *red* yang SEDANG yang bernilai 1 mempunyai nilai tertinggi(=1), ketika berada pada nilai 76. Dan untuk himpunan *red* yang TINGGI yang bernilai 1 mempunyai domain himpunan dari nilai 79-95. Berikut gambar himpunan fuzzy untuk variabel *red* ditunjukkan pada gambar 4.1. Sedangkan tabel 4.2 adalah tabel himpunan dan domain dari nilai *red*.

Dengan fungsi derajat keanggotaan masing-masing himpunan dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\mu_{r \text{ RENDAH}}[r] = \begin{cases} 1; x \leq 73 \\ \frac{76 - x}{76 - 73}; 73 < x < 76 \\ 0; x \geq 76 \end{cases}$$

$$\mu_{r \text{ SEDANG}}[r] = \begin{cases} 0; x \leq 73 \text{ dan } x \geq 79 \\ \frac{x - 73}{76 - 73}; 73 < x < 76 \\ \frac{79 - x}{79 - 76}; 76 < x < 79 \end{cases} \quad (16)$$

$$\mu_{r \text{ TINGGI}}[r] = \begin{cases} 0; x \leq 76 \\ \frac{x - 76}{79 - 76}; 76 < x < 79 \\ 1; x \geq 79 \end{cases}$$

Gambar 4.1 Fungsi Keanggotaan Variabel nilai *Red (r)*Tabel 4.2 Himpunan dan Domain Nilai *Red (r)*

Himpunan	Domain
Rendah	[69 76]
Sedang	[73 79]
Tinggi	[76 95]

4.2.2 Nilai *Green*

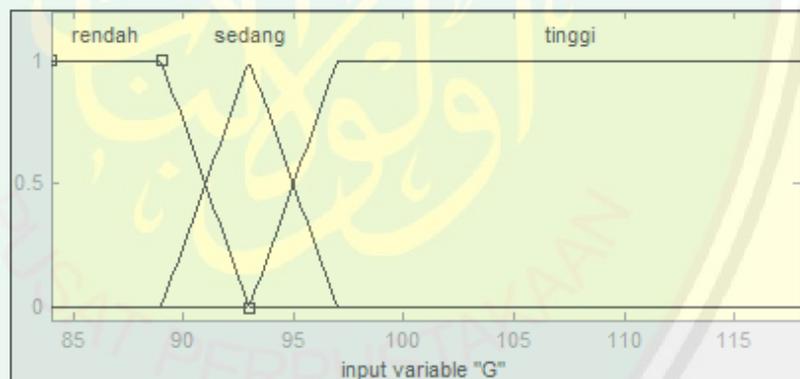
Pada variabel *green* didefinisikan tiga himpunan fuzzy, yaitu RENDAH, SEDANG, dan TINGGI. Untuk merepresentasikan *green* digunakan bentuk kurva bahu kiri untuk himpunan fuzzy RENDAH. Dan bentuk kurva segitiga untuk himpunan fuzzy SEDANG. Dan bentuk kurva bahu kanan untuk himpunan fuzzy TINGGI. Untuk himpunan *green* yang RENDAH yang bernilai 1 mempunyai domain himpunan dari nilai 84-89. Dan untuk himpunan *green* yang SEDANG yang bernilai 1 mempunyai nilai tertinggi(=1), ketika berada pada nilai 93. Dan untuk himpunan *green* yang TINGGI yang bernilai 1 mempunyai domain himpunan dari nilai 97-118. Berikut gambar himpunan fuzzy untuk variabel *green* ditunjukkan pada gambar 4.2. Sedangkan tabel 4.3 adalah tabel himpunan dan domain dari nilai *green*.

Dengan fungsi derajat keanggotaan masing-masing himpunan dihitung menggunakan persamaan seperti berikut :

$$\mu_{g \text{ RENDAH}}[g] = \begin{cases} 1; x \leq 89 \\ \frac{93 - x}{93 - 89}; 89 < x < 93 \\ 0; x \geq 93 \end{cases}$$

$$\mu_{g \text{ SEDANG}}[g] = \begin{cases} 0; x \leq 89 \text{ dan } x \geq 97 \\ \frac{x - 89}{93 - 89}; 89 < x < 93 \\ \frac{97 - x}{97 - 93}; 93 < x < 97 \end{cases} \quad (17)$$

$$\mu_{g \text{ TINGGI}}[g] = \begin{cases} 0; x \leq 93 \\ \frac{x - 93}{97 - 93}; 93 < x < 97 \\ 1; x \geq 97 \end{cases}$$



Gambar 4.2 Fungsi Keanggotaan Variabel nilai *green(g)*

Tabel 4.3 Himpunan dan Domain Nilai *Green(g)*

Himpunan	Domain
Rendah	[84 93]
Sedang	[89 97]
Tinggi	[93 118]

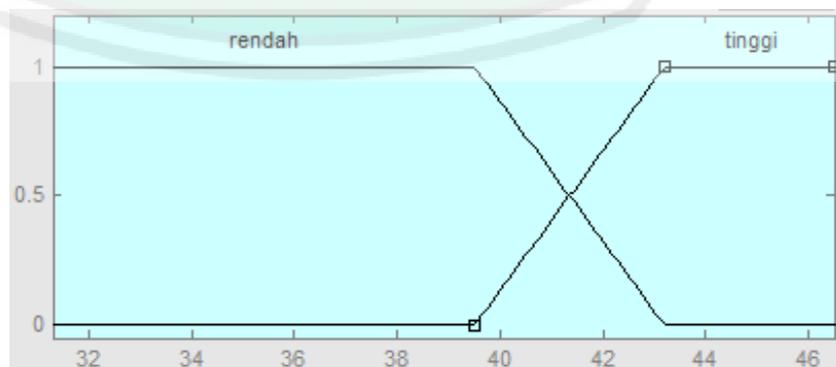
4.2.3 Jumlah Klorofil

Pada variabel *jumlah klorofil* didefinisikan dua himpunan fuzzy, yaitu RENDAH, dan TINGGI. Untuk merepresentasikan *green* digunakan bentuk kurva bahu kiri untuk himpunan fuzzy RENDAH. Dan bentuk kurva bahu kanan untuk himpunan fuzzy TINGGI. Untuk himpunan *jumlah klorofil* yang RENDAH yang bernilai 1 mempunyai domain himpunan dari nilai 31-39.5. Dan untuk himpunan *jumlah klorofil* yang TINGGI yang bernilai 1 mempunyai domain himpunan dari nilai 43.2-46.5. Berikut gambar himpunan fuzzy untuk variabel *jumlah klorofil* ditunjukkan pada gambar 4.3. Sedangkan tabel 4.4 merupakan himpunan dan domain dari jumlah klorofil.

Dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut :

$$\mu_{kl \text{ RENDAH}}[kl] = \begin{cases} 1; & x \leq 39.5 \\ \frac{43.2 - x}{43.2 - 39.5}; & 39.5 < x < 43.2 \\ 0; & x \geq 43.2 \end{cases} \quad (18)$$

$$\mu_{kl \text{ TINGGI}}[kl] = \begin{cases} 0; & x \leq 39.5 \\ \frac{x - 39.5}{43.2 - 39.5}; & 39.5 < x < 43.2 \\ 1; & x \geq 43.2 \end{cases}$$



Gambar 4.3 Fungsi Keanggotaan Variabel Nilai Klorofil(*kl*)

Tabel 4.4 Himpunan dan Domain Nilai Klorofil(*kl*)

Himpunan	Domain
Rendah	[31.3 39.5]
Tinggi	[39.5 46.5]

4.3 Pembentukan Aturan Fuzzy (Aplikasi Fungsi Implikasi)

Tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan fuzzy akan berhubungan dengan suatu relasi fuzzy. Dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah himpunan fuzzy, maka bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah :

IF x is A THEN y is B

Dari data nilai RGB dan jumlah klorofil dari sebanyak 25 daun kedelai, maka dapat data nilai RGB dan jumlah klorofil. Berikut adalah tabel 4.5 yang merupakan data dari 25 daun kedelai beserta nilai RGB dan jumlah klorofil.

Dari ke-25 daun tersebut, maka dibuatlah pembentukan aturan fuzzy sesuai dengan tabel 4.6. Pembentukan aturan fuzzy secara umum dibuat pakar secara intuitif dalam pernyataan kualitatif yang ditulis dalam bentuk IF-THEN dan operator yang digunakan adalah AND.

Dikarenakan terdapat perulangan aturan pada tabel diatas sehingga didapatkan 8 aturan dari data sample penelitian diatas menjadi seperti pada tabel 4.7.

Tabel 4.8 adalah data test yang meliputi jumlah klorofil sebenarnya, nilai *Red*, *Green*, dan *Blue*.

Tabel 4.5 Daftar jumlah klorofil sebenarnya beserta RGB

Daun Ke-	Jumlah Klorofil Sebenarnya	Red	Green	Blue
Data Training				
1	45.6	77	90	70
2	44.3	81	96	72
3	42.0	71	86	67
4	40.4	76	97	69
5	42.6	74	89	71
6	38.8	77	91	68
7	39.9	75	93	66
8	40.8	77	90	68
9	40.1	79	95	65
10	43.2	74	89	69
11	31.3	95	117	66
12	39.5	73	97	65
13	43.6	77	90	67
14	38.3	80	105	63
15	33.3	87	113	64
16	41.4	79	96	69
17	32.5	93	118	68
18	41.0	70	89	66
19	34.5	77	101	64
20	42.5	69	89	65
21	42.5	75	91	70
22	45.7	71	89	66
23	46.5	69	84	66
24	44.9	76	93	70
25	41.4	72	93	65

Tabel 4.6 Aturan Fuzzy Berdasarkan Data Penelitian

Daun Ke-	Red	Green	Jumlah Klorofil Sebenarnya
1	Sedang	Sedang	Tinggi
2	Tinggi	Sedang	Tinggi
3	Rendah	Rendah	Tinggi
4	Sedang	Tinggi	Rendah
5	Sedang	Rendah	Tinggi
6	Sedang	Sedang	Rendah
7	Sedang	Sedang	Rendah
8	Sedang	Sedang	Rendah
9	Tinggi	Sedang	Rendah
10	Sedang	Rendah	Tinggi
11	Tinggi	Tinggi	Rendah
12	Sedang	Tinggi	Rendah
13	Sedang	Sedang	Tinggi
14	Tinggi	Tinggi	Rendah
15	Tinggi	Tinggi	Rendah
16	Tinggi	Sedang	Tinggi
17	Tinggi	Tinggi	Rendah
18	Rendah	Rendah	Rendah
19	Sedang	Tinggi	Rendah
20	Rendah	Rendah	Tinggi
21	Sedang	Sedang	Tinggi
22	Rendah	Rendah	Tinggi
23	Rendah	Rendah	Tinggi
24	Sedang	Sedang	Tinggi
25	Rendah	Sedang	Tinggi

Tabel 4.7 Aturan Fuzzy Jumlah Klorofil

R	IF	Red	AND	Green	THEN	Klorofil
[R1]	IF	Rendah	AND	Rendah	THEN	Tinggi
[R2]	IF	Sedang	AND	Rendah	THEN	Tinggi
[R3]	IF	Sedang	AND	Sedang	THEN	Tinggi
[R4]	IF	Rendah	AND	Sedang	THEN	Tinggi
[R5]	IF	Rendah	AND	Tinggi	THEN	Rendah
[R6]	IF	Sedang	AND	Tinggi	THEN	Rendah
[R7]	IF	Tinggi	AND	Sedang	THEN	Rendah
[R8]	IF	Tinggi	AND	Tinggi	THEN	Rendah

Tabel 4.8 Daftar jumlah klorofil sebenarnya, red, green dan blue dari data test

Daun Ke-	Jumlah Klorofil Sebenarnya	Red	Green	Blue
26	44.2	74	89	67
27	41.4	74	94	69
28	43.3	75	90	69
29	44.8	75	93	69
30	43.3	75	92	67

4.4 Pembuatan dan Pengujian Program

Pembuatan program ini diawali dengan menginisiasi semua variabel untuk menghitung nilai RGB dalam satu gambar tersebut, yang nanti digunakan sebagai inputan untuk proses perhitungan jumlah klorofil. Inputan yang digunakan dalam program ini adalah *Red* dan *Green* yang didapatkan setelah melalui proses mencari RGB gambar, sehingga akan muncul output data hasil perhitungan jumlah klorofil fuzzy mamdani mulai dari derajat keanggotaan, fungsi implikasi dengan mengambil nilai minimal, komposisi

antar aturan dengan mengambil nilai maksimal, yang diawali dengan menentukan nilai a_1 dan nilai a_2 , batas atas dan batas bawah untuk setiap momen daerah luas yang digunakan, selanjutnya terdapat pula nilai masing-masing luas daerah yang digunakan, selanjutnya terdapat pula nilai masing-masing luas daerah dan terakhir akan muncul output berupa Z yaitu titik tengah dari pembagian antara momen daerah luas dengan nilai masing-masing luas daerah yang digunakan. Berikut adalah paparan langkah demi langkah dalam pembuatan rancang bangun aplikasi perhitungan jumlah klorofil daun kedelai dengan menggabungkan metode Fuzzy Mamdani.

1. Mencari nilai RGB dari satu image daun

Ketika gambar daun kedelai sudah diinput oleh user dan sistem membaca gambar tersebut dengan menggunakan `BufferedImage`, kemudian sistem menghitung tinggi dan lebar image yang telah dimasukkan oleh user tersebut. Untuk menghitung tinggi dan lebar image, sistem menggunakan *source code* seperti pada gambar 4.4.

Setelah sistem menghitung tinggi dan lebar image, kemudian sistem menginisialisasi RGB dan menghitung nilai RGB dari ordo

$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$ hingga ordo $\begin{bmatrix} 100 \\ 100 \\ 100 \end{bmatrix}$ menggunakan perulangan *for*, setelah

mendapatkan nilai RGB setiap matriks 3×1 , kemudian seluruh nilai RGB tersebut dicari rata-rata untuk mendapatkan satu nilai R, satu nilai G, dan satu nilai B yang akan digunakan sebagai nilai input dari fuzzy mamdani.

```
int width = image.getWidth();
int height = image.getHeight();

int total = width*height;
```

Gambar 4.4 Source code hitung tinggi dan lebar image

Berikut gambar 4.5 yang merupakan *source code* yang digunakan sistem untuk menghitung nilai RGB dan menghitung rata-rata.

```
int red=0;
int green=0;
int blue=0;

for(i=0; i<width; i++){
    for(int j=0; j<height; j++){
        int color = image.getRGB(i, j);

        red = (color & 0x00ff0000) >> 16;
        green = (color & 0x0000ff00) >> 8;
        blue = (color & 0x000000ff);

        aver += red;
        aveg += green;
        aveb += blue;
    }
    System.out.println("Kolom ke : " +i);
}

aver = aver/total;
aveg = aveg/total;
aveb = aveb/total;
```

Gambar 4.5. Source code hitung nilai RGB dan nilai rata-rata RGB

Gambar 4.6 adalah output perulangan dari kolom ke-1 hingga ke-100.

```

Kolom ke : 80
Kolom ke : 81
Kolom ke : 82
Kolom ke : 83
Kolom ke : 84
Kolom ke : 85
Kolom ke : 86
Kolom ke : 87
Kolom ke : 88
Kolom ke : 89
Kolom ke : 90
Kolom ke : 91
Kolom ke : 92
Kolom ke : 93
Kolom ke : 94
Kolom ke : 95
Kolom ke : 96
Kolom ke : 97
Kolom ke : 98
Kolom ke : 99
  
```

Gambar 4.6 Hasil perulangan dari kolom ke-1 hingga ke-100

Dan gambar 4.7 adalah output hasil perhitungan nilai rata-rata RGB dari satu image daun :



The screenshot shows a software interface with the following elements:

- A "Browse" button.
- A preview window showing a leaf image, with the text "D:\Data" next to it.
- A "Hasil" button.
- Three input fields for RGB values:
 - Red: 77
 - Green: 90
 - Blue: 70

Gambar 4.7 Hasil Output dari perhitungan nilai rata-rata RGB dari satu image daun

2. Pembentukan Himpunan Fuzzy (Fuzzyfikasi)

Nilai *Red* (*r*) memiliki 3 himpunan, yaitu rendah, sedang dan tinggi, sehingga bisa diperoleh nilai keanggotaan dari nilai input $r = 77$, yaitu :

$$\mu_{r \text{ RENDAH}}[77] = 0$$

$$\mu_{r \text{ SEDANG}}[77] = \frac{79 - 77}{79 - 76} = 0.667$$

$$\mu_{r \text{ TINGGI}}[77] = \frac{77 - 76}{79 - 76} = 0.333$$

```

public double getMRendah() {
    if (inputRed <= 73) {
        return 1;
    } else if (inputRed > 73 && inputRed < 76) {
        return (76 - this.inputRed) / (76 - 73);
    } else {
        return 0;
    }
}

public double getMSedang() {
    if (inputRed <= 73 || inputRed >= 79) {
        return 0;
    } else if (inputRed > 73 && inputRed < 76) {
        return (this.inputRed - 73) / (76-73);
    } else {
        // if (inputRed >= 82 && inputRed <= 86.34)
        return (79 - this.inputRed) / (79 - 76);
    }
}

public double getMTinggi() {
    if (inputRed <= 76 ) {
        return 0;
    } else if (inputRed > 76 && inputRed < 79) {
        return (this.inputRed - 76) / (79-76);
    } else {
        //if (inputRed >= 86.42)
        return 1;
    }
}

```

Gambar 4.8 *Source code* mencari nilai keanggotaan *red*

Sedangkan untuk nilai *green* (*g*) memiliki 3 himpunan, yaitu rendah, sedang dan tinggi, sehingga bisa diperoleh nilai keanggotaan dari nilai input $g = 90$, yaitu :

$$\mu_{g \text{ RENDAH}}[90] = \frac{93 - 90}{93 - 89} = 0.75$$

$$\mu_{g \text{ SEDANG}}[90] = \frac{90 - 89}{93 - 89} = 0.25$$

$$\mu_{g \text{ TINGGI}}[90] = 0$$

```

public double getMrendah(){
    if(inputGreen <= 89){
        return 1;
    }else if(inputGreen > 89 && inputGreen < 93){
        return (93 - this.inputGreen)/(93-89);
    }else {
        return 0;
    }
}

public double getMsedang(){
    if (inputGreen <= 89 || inputGreen >= 97) {
        return 0;
    } else if(inputGreen > 89 && inputGreen < 93){
        return (this.inputGreen - 89)/(93-89);
    } else {
        return (97 - this.inputGreen)/(97-93);
    }
}

public double getMtinggi(){
    if(inputGreen <= 93){
        return 0;
    }else if(inputGreen > 93 && inputGreen < 97){
        return (this.inputGreen - 93)/(97-93);
    }else {
        return 1;
    }
}

```

Gambar 4.9 *Source code* mencari nilai keanggotaan *green*

3. Aplikasi Fungsi Implikasi

Fungsi implikasi yang digunakan dalam metode fuzzy mamdani adalah metode MIN, sehingga diambil nilai minimal diantara keduanya.

[R1] Jika *Red* rendah dan *Green* rendah maka *klorofil* tinggi

$$\alpha - \text{prediket}_1 = \min(0.0 : 0.75) = 0.0$$

[R2] Jika *Red* sedang dan *Green* rendah maka *klorofil* tinggi

$$\alpha - \text{prediket}_2 = \min(0.66 : 0.75) = 0.66$$

[R3] Jika *Red* sedang dan *Green* sedang maka *klorofil* tinggi

$$\alpha - \text{prediket}_3 = \min(0.66 : 0.25) = 0.25$$

[R4] Jika *Red* rendah dan *Green* sedang maka *klorofil* tinggi

$$\alpha - \text{prediket}_4 = \min(0.0 : 0.25) = 0.0$$

[R5] Jika *Red* rendah dan *Green* tinggi maka *klorofil* rendah

$$\alpha - \text{prediket}_5 = \min(0.0 : 0.0) = 0.0$$

[R6] Jika *Red* sedang dan *Green* tinggi maka *klorofil* rendah

$$\alpha - \text{prediket}_6 = \min(0.66 : 0.0) = 0.0$$

[R7] Jika *Red* tinggi dan *Green* sedang maka *klorofil* rendah

$$\alpha - \text{prediket}_7 = \min(0.33 : 0.25) = 0.25$$

[R8] Jika *Red* tinggi dan *Green* tinggi maka *klorofil* rendah

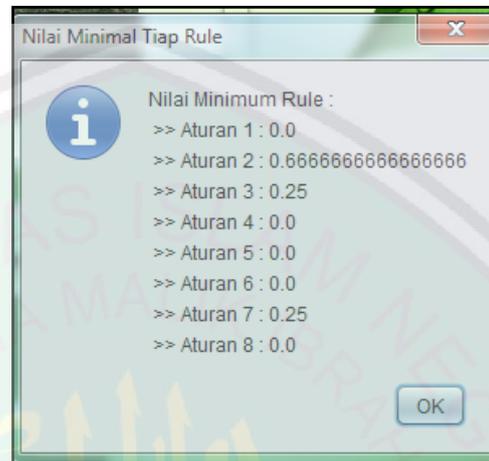
$$\alpha - \text{prediket}_8 = \min(0.33 : 0.0) = 0.0$$

Gambar 4.10 adalah *source code* yang digunakan sistem untuk mencari nilai MIN dari setiap *fuzzy rule base* :

```
p1 = Math.min(RRendah, GRendah);
p2 = Math.min(RSedang, GRendah);
p3 = Math.min(RSedang, GSedang);
p4 = Math.min(RRendah, GSedang);
p5 = Math.min(RRendah, GTinggi);
p6 = Math.min(RSedang, GTinggi);
p7 = Math.min(RTinggi, GSedang);
p8 = Math.min(RTinggi, GTinggi);
```

Gambar 4.10 *Source code* mencari nilai MIN dari setiap *fuzzy rule base*

Dan gambar 4.11 adalah output hasil nilai MIN dari setiap *fuzzy rule* base:



Gambar 4.11 Output hasil nilai MIN dari setiap *fuzzy rule* base

4. Komposisi Antar Aturan

Dari hasil aplikasi fungsi implikasi dari tiap aturan, digunakan metode MAX untuk melakukan komposisi antar aturan. Sehingga diperoleh hasil komposisi sebagai berikut :

a. Variabel output himpunan rendah

$$\begin{aligned}
 &= \text{maxrendah}(p5 : p6 : p7 : p8) \\
 &= \text{maxrendah}(0.0 : 0.0 : 0.0 : 0.25) \\
 &= 0.25
 \end{aligned}$$

Sehingga, nilai keanggotaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 \alpha &= ((\text{KlorTinggi} - \text{KlorRendah}) * \text{maxrendah}) + \text{KlorRendah} \\
 \alpha &= ((43.2 - 39.5) * 0.25) + 39.5 \\
 &= 40.425
 \end{aligned}$$

b. Variabel output himpunan tinggi

$$= \text{maxtinggi}(p1 : p2 : p3 : p4)$$

$$= \text{maxtinggi} (0.0 : 0.25 : 0.66 : 0.0)$$

$$= 0.66$$

Sehingga, nilai keanggotaannya adalah :

$$\alpha = ((\text{KlorTinggi} - \text{KlorRendah}) * \text{maxtinggi}) + \text{KlorRendah}$$

$$\alpha = ((43.2 - 39.5) * 0.66) + 39.5$$

$$= 41.967$$

Fungsi keanggotaan yang diperoleh dari hasil komposisi terhadap himpunan output jumlah klorofil adalah

$$\mu_{kl}[z] = \begin{cases} 0.25; & z \leq 40.425 \\ \frac{(z - 39.5)}{(43.2 - 39.5)} & 40.425 < z < 41.967 \\ 0.66 & z \geq 41.967 \end{cases}$$

Berikut gambar 4.12 yang merupakan *source code* yang mana menghasilkan nilai max dari setiap aturan.

```
double ua1[] = {p4, p5, p6, p7, p8};
double ua2[] = {p1, p2, p3};

Arrays.sort(ua1);
Arrays.sort(ua2);

for (int x = 0; x < ua1.length; x++) {
    System.out.println("Nilai max dari hasil komposisi aturan rendah adalah : " + ua1[x]);
}
for (int x = 0; x < ua2.length; x++) {
    System.out.println("Nilai max dari hasil komposisi aturan tinggi adalah : " + ua2[x]);
}

double uaa1 = ua1[ua1.length - 1]; // rendah
double uaa2 = ua2[ua2.length - 1]; // tinggi

System.out.println("\n");
System.out.println("Nilai max dari hasil komposisi aturan rendah adalah : " + uaa1);
System.out.println("Nilai max dari hasil komposisi aturan tinggi adalah : " + uaa2);
```

Gambar 4.12 Source code yang menghasilkan nilai max

Sehingga akan menghasilkan nilai berikut dalam program yang sesuai dengan perhitungan manual diatas :



Gambar 4.13 Output nilai max dari hasil komposisi aturan

Sedangkan source code yang menghasilkan himpunan output jumlah klorofil adalah pada gambar 4.14 :

```
a1 = (ua1 + 7.78) / 0.22;
a2 = (ua2 + 7.78) / 0.22;
```

Gambar 4.14 Source code yang menghasilkan himpunan output jumlah klorofil

Dan output dari source code diatas adalah sebagai berikut :



Gambar 4.15 Output dari himpunan (α_1 dan α_2) jumlah klorofil

5. Defuzzifikasi

Metode yang digunakan adalah metode centroid. Pertama kali yang dilakukan adalah menghitung momen untuk setiap daerah (M) dan luas setiap daerah (L). Setelah itu baru menghitung titik pusat.

$$\begin{aligned}
 \bullet M_1 &= \int_0^{\alpha_1} \text{maxrendah } z \, dz \\
 &= \int_0^{36.125} 0.25 \, z \, dz \\
 &= 210.591
 \end{aligned}$$

$$\bullet M2 = \int_{\alpha1}^{\alpha2} \frac{z - \text{KlorRendah}}{\text{KlorTinggi} - \text{KlorRendah}} z dz$$

$$= \int_{36.125}^{37.97} \frac{z - 35}{39.5 - 35} z dz$$

$$= \int_{36.125}^{37.97} \frac{z^2}{39.5 - 35} - \frac{35z}{39.5 - 35} dz$$

$$= 123.707$$

$$\bullet M3 = \int_{\alpha2}^{\text{KlorTinggi}} \text{maxtinggi} z dz$$

$$= \int_{37.97}^{46.5} 0.66 z dz$$

$$= 106.153$$

$$\bullet A1 = P * L = \text{nilai } \alpha1 * \text{maxrendah}$$

$$= 36.125 * 0.25$$

$$= 10.261$$

$$\bullet A2 = \sum \text{sisi sejajar} * \text{tinggi} / 2 = (\text{maxrendah} + \text{maxtinggi}) * (\text{nilai } \alpha2 - \text{nilai } \alpha1) / 2$$

$$= (0.25 + 0.66) * (37.97 - 36.125) / 2$$

$$= 0.87$$

$$\bullet A3 = P * L = (\text{KlorTinggi} - \text{nilai } \alpha2) * \text{maxtinggi}$$

$$= (46.5 - 37.97) * 0.66$$

$$= 2.374$$

Berikut gambar 4.16 adalah source code untuk perhitungan fuzzifikasi mulai dari menentukan momen, luas hingga rata-rata terbobot(z).

```

m1 = ((uaa1 / 2) * Math.pow(a1, 2)) - ((uaa1 / 2) * Math.pow(0, 2));
System.out.println("m1 adalah : " + m1);

m2 = (((1 / 3.7) / 3) * Math.pow(a2, 3)) - (((39.5 / 3.7) / 2) * Math.pow(a2, 2))
      - (((1 / 3.7) / 3) * Math.pow(a1, 3)) - (((39.5 / 3.7) / 2) * Math.pow(a1, 2));
System.out.println("m2 adalah : " + m2);

m3 = ((uaa2 / 2) * Math.pow(43.2, 2)) - ((uaa2 / 2) * Math.pow(a2, 2));
System.out.println("m3 adalah : " + m3);

L1 = a1 * uaa1;
L2 = (uaa1 + uaa2) * (a2 - a1) / 2;
L3 = (43.2 - a2) * uaa2;

System.out.println("L1 adalah : " + L1);
System.out.println("L2 adalah : " + L2);
System.out.println("L3 adalah : " + L3);

z = (m1 + m2 + m3) / (L1 + L2 + L3);
System.out.println("z adalah : " + z);

```

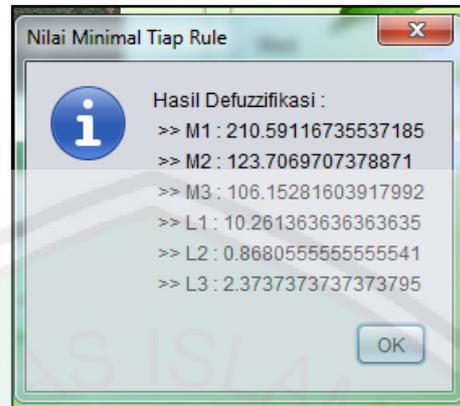
Gambar 4.16 Source code menghitung momen, luas daerah dan rata-rata terbobot

4.5 Hasil Program

Hasil yang didapatkan adalah jumlah klorofil dalam satu daun. Di dalam metode fuzzy mamdani sendiri, metode yang digunakan ada banyak. Tapi disini peneliti menggunakan metode centroid. Maka titik tengah didapatkan dari jumlah momen setiap daerah (M) dibagi dengan jumlah luas setiap daerah (L)

$$\begin{aligned}
 z &= (M1+M2+M3) / (A1+A2+A3) \\
 &= (210.591 + 123.707 + 106.153) / (10.261 + 0.87 + 2.374) \\
 &= 32.7
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diperkirakan bahwa jumlah klorofil dalam satu daun ukuran 100x100 pixel adalah 32.7 atau dibulatkan menjadi 33.



Gambar 4.17 Output hitung momen, luas derah dan rata-rata terbobot

4.6 Evaluasi Program

Keakuratan program perhitungan jumlah klorofil dapat diketahui dengan menghitung *error rate*, yaitu rata-rata kesalahan yang dihitung dengan cara membandingkan data hasil pengukuran di lapangan dengan hasil sistem yang telah dibuat. Untuk menghitung *error rate*, dalam penelitian ini menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dengan rumus sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t} * 100\% \quad (11)$$

Dengan

- N : Jumlah data
- y'_t : data hasil perhitungan fuzzy ke-i
- y_t : data lapangan ke-i

Dengan X_i adalah data aktual ke-i, yaitu data hasil pengukuran di lapangan dan F_i adalah data peramalan ke-i, yaitu hasil sistem aplikasi hitung

jumlah klorofil. Data lapangan yang akan digunakan untuk menghitung *error rate* adalah data pengukuran pada data jumlah klorofil yang sebenarnya, untuk data jumlah klorofil uji coba dilakukan dengan menguji pada program simulasi seperti yang tersaji pada tabel 4.9 dan tabel 4.10.

Hasil persentase error dari hitung jumlah klorofil dari data training yaitu 30 % sehingga nilai keakurasian dari percobaan ini adalah 70 %. Tingkat *error rate* MAPE yang kurang dari 40 % dapat dikatakan baik dan dapat dipertanggungjawabkan.

Hasil persentase error dari jumlah klorofil yaitu 34 % sehingga nilai keakurasian dari percobaan ini adalah 66 %. Tingkat *error rate* MAPE yang kurang dari 40 % dapat dikatakan baik dan dapat dipertanggungjawabkan.

Tabel 4.9 Data Hasil Error Jumlah Klorofil dari Data Test

No.	Jumlah Klorofil		$Y_t - Y'_t$	$ (Y_t - Y'_t)/Y_t $
	Aktual (Y_t)	Simulasi (Y'_t)		
1	44.2	43.4	0.8	0.02
2	41.4	22.1	19.3	0.45
3	43.3	26.5	16.8	0.39
4	44.8	25.3	19.5	0.43
5	43.3	25.3	18	0.42
			Total Persentase	1.71
Rata-rata persentase error				0.34 = 34%

Tabel 4.10 Data Hasil Error Jumlah Klorofil dari Data Training

No.	Jumlah Klorofil		$Y_t - Y'_t$	$ (Y_t - Y'_t)/Y_t $
	Aktual (Y_t)	Simulasi (Y'_t)		
1	45.6	26.5	19.1	0.49
2	44.3	21.0	23.3	0.52
3	42.0	43.6	1.6	0.04
4	40.4	20.8	19.6	0.49
5	42.6	43.4	0.8	0.02
6	38.8	24.4	14.4	0.37
7	39.9	25.3	14.6	0.37
8	40.8	26.5	14.3	0.35
9	40.1	21.2	18.9	0.47
10	43.2	43.4	0.2	0.005
11	31.3	20.8	10.5	0.34
12	39.5	20.8	18.7	0.48
13	43.6	26.5	17.1	0.4
14	38.3	20.8	17.5	0.46
15	33.3	20.8	12.5	0.38
16	41.4	21	20.4	0.5
17	32.5	20.8	11.7	0.36
18	41.0	43.6	2.6	0.06
19	34.5	21.1	13.4	0.39
20	42.5	43.6	1.1	0.03
21	42.5	24.4	20.4	0.43
22	45.7	43.6	3.7	0.05
23	46.5	43.6	4.5	0.06
24	44.9	43.6	1.3	0.03
25	41.4	20.8	20.6	0.5
			Total Persentase	7.6
Rata-rata persentase error				0.3 = 30%

4.7 Integrasi Sistem dengan Islam

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثَمَرَاتٍ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا

وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ بَيضٌ وَحُمْرٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٌ (27) وَمِنَ

النَّاسِ وَالذَّوَابِّ وَالْأَنْعَامِ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ كَذَلِكَ إِنَّمَا يَخْشَى اللَّهَ مِنْ عِبَادِهِ
الْعُلَمَاءُ إِنَّ اللَّهَ عَزِيزٌ غَفُورٌ (28)

Artinya : “Tidakkah kamu melihat bahwa Allah menurunkan hujan dari langit lalu Kami hasilkan dengan hujan itu buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. Dan diantara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya. Dan ada pula yang hitam pekat. Dan demikian pula diantara manusia, binatang melata dan binatang ternak ada yang bermacam-macam warna dan jenisnya. Sesungguhnya yang takut kepada Allah diantara hamba-hambaNya, hanyalah ‘ulama(orang-orang yang mengetahui kebesaran dan kekuasaan Allah). Sungguh, Allah Maha Perkasa lagi Maha Pengampun”.

Segala puji bagi pencipta semua makhluk yang ada di bumi ini, yang menciptakan semuanya beraneka ragam. Khususnya penciptaan tentang tanam-tanaman dan zat hijau daun yang tersebar di seluruh penjuru dunia yang dapat digunakan untuk segala kebutuhan hidup mulai dari untuk papan, sandang, pangan, semuanya selalu melibatkan peran serta tanaman yang diciptakan oleh Zat Maha Agung Allah SWT. Dialah Allah SWT yang menciptakan klorofil bagi tanaman, sehingga warna buah-buahan dan daun-daun tanaman menjadi beraneka ragam. Untuk itu kita sebagai manusia hendaknya selalu bersyukur atas apa yang telah dianugerahkan Allah SWT. Sungguh kecil kemampuan manusia bila dibandingkan dengan kekuasaan Allah SWT, untuk itu dalam pembuatan program simulasi ini yang mana

telah diusahakan dengan meminimalisir kesalahan atau nilai error, namun tetap saja bila dibandingkan dengan kekuasaan Allah dalam penciptaannya tidak akan ada yang mampu menandinginya. Subhanaallah. Dengan sebuah simulasi sedikit banyak kiranya dapat membantu menganalisa sebuah peramalan tentang morfologi tanaman kacang kedelai berdasarkan intensitas atau parameter tertentu.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian hingga pembuatan proses aplikasi perhitungan jumlah klorofil maka dapat diambil kesimpulan bahwa program aplikasi perhitungan jumlah klorofil dengan menggunakan metode Fuzzy Mamdani dapat menunjukkan bahwa jumlah klorofil tertinggi mempunyai nilai *red* dan *green* yang terendah, sedangkan jumlah klorofil yang paling rendah mempunyai nilai *red* dan *green* yang tertinggi. Tidak hanya itu, program ini menunjukkan dengan hasil presentase error dari jumlah klorofil yaitu 34 % sehingga nilai keakurasian dari percobaan ini adalah 66%. Dan *error rate* dari data training yaitu 30% sehingga nilai keakurasian dari percobaan ini adalah 70%. Dengan tingkat *error rate* MAPE yang kurang dari 40% dapat dikatakan baik dan dapat dipertanggungjawabkan. Namun, kesimpulannya adalah seluruh hasil percobaan ini, masih belum maksimal untuk digunakan sebagai alat penguji jumlah klorofil dengan menggunakan metode Fuzzy Mamdani.

5.2 Saran

1. Penelitian dapat dikembangkan dengan objek tanaman yang berbeda sehingga mampu mengambil data input yang berbeda dalam proses perhitungan.
2. Penelitian juga bisa dikembangkan lagi, misalkan mensimulasikan prediksi buah atau biji yang tumbuh bersama dengan berjalannya umur tanaman.

3. Selain menggunakan Fuzzy Inference System, dapat digunakan metode peramalan yang lebih beragam dan memiliki nilai keakurasian yang lebih baik seperti, ANFIS.



Daftar Pustaka

- Rega, kestrilia.* 2008. *Object Tracking dan Analisis Citra Digital untuk Kuantifikasi Morfologi Tanaman In Vitro Hasil Teknologi Kultur Jaringan.* Thesis. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Suyitno, Drs.* 2008. *Materi Praktikum: Klorofil/ Pigmen Fotosintesis.* Modul Pengayaan. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Harborne, J.B.* 1987. *Metode Fitokimia : Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan.* Bandung : Institut Teknik Bandung
- Salisbury and Ross.* 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 2.* Bandung : Penerbit ITB
- Putra, darma.* 2010. *Pengolahan Citra Digital.* Yogyakarta: Penerbit ANDI
- Gonzalez, Rafael C, dkk.* 2004. *Digital Image Processing using MATLAB.* New Jersey: Prentice Hall
- Ai, Nio Song dan Yunia Banyo.* 2011. *Konsentrasi Klorofil Daun Sebagai Indikator Kekurangan Air Pada Tanaman.* Jurnal Ilmiah Sains vol.11 No.2
- Hendriyani, Ika Susanti dan Nintya Setiari.* 2009. *Kandungan Klorofil dan Pertumbuhan Kacang Panjang (vigna sinesis) Pada Tingkat Penyediaan Air Yang Berbeda.* Jurnal Sains & Matematika Vol.17 No.3
- Ikhsanuddin, Muh Ali.* 2013. *Rancang Bangun Perhitungan Area Daun Kacang-Kacangan Menggunakan Citra Digital.* Skripsi. Malang: UIN Maliki Malang
- AlQuran dan Terjemahannya.* Departemen Agama RI. Bandung: PT Diponegoro

- Sural, Shamik., Qian, Gang., Pramanik, Sakti.* 2002. Segmentation And Histogram Generation Using The HSV Color Space For Image Retrieval. IEEE ICIP 2002. 0-7803-7622-6/02.
- Aynalem, Hailu M, Righetti, Timothy L. , and Reed, Barbara M.* 2006. Non Destructive Evaluation Of In-Vitro Stored Plants: A Comparasion of Visual and Image Analysis. In Vitro Cell. Dev. Biol-Plant. 42:562-567 Society for In Vitro Biology.
- Ayuningtiyas, Ika K.dan Fajar Saptono.dan Taufiq Hidayat.* 2007. Sistem Pendukung Keputusan Penanganan Kesehatan Balita Menggunakan Penalaran Fuzzy Mamdani. Yogyakarta : Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2007(SNATI 2007)
- An Najjar, Prof DR Zaglul. dan DR Abdul Daim Kahil.* 2012. Ensiklopedia Al Quran dan Hadits. Jakarta: PT Lentera Abadi
- Wulandari, Yogawati.* 2011. Aplikasi Metode Mamdani Dalam Penentuan Status Gizi Dengan Indeks Masa Tubuh Menggunakan Logika Fuzzy. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Solikin, Fajar.* 2011. Aplikasi Logika Fuzzy Dalam Optimasi Produksi Barang Menggunakan Metode Mamdani dan Metode Sugeno. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Subekti, Sri Ayu. dan Lilik Linawati. dan Adi Setiawan.* 2013. Penggunaan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Membuat Keputusan Dalam Analisis Kredit. Prosiding. Yogyakarta: Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika 2013

Matondang, Fithriani. 2011. Fuzzy Logic Metode Mamdani Untuk Membantu Diagnosa Dini *Autism Spectrum Disorder*. Skripsi. Malang: UIN MALIKI Malang

Kusumadewi, Sri dan Hari Purnomo. 2004. Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan. Yogyakarta: Graha Ilmu

Sutojo, T. dan Edy Mulyanto, dan Vincent Suhartono. 2011. Kecerdasan Buatan. Yogyakarta: Penerbit ANDI

Mardison. 2012. Sistem Pendukung Keputusan Dalam Pencairan Kredit Nasabah Bank Dengan Menggunakan Logika Fuzzy dan Bahasa Pemrograman Java. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan* Vol.5 No.1 Maret 2012

Dobermann, A dan T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient disorders & nutrient management. International Rice Research Institute (IRRI). Canada: Potash & Phosphate Institute of Canada.

Uji Analisis Korelasi dengan Program SPSS. 2015. <http://www.konsistensi.com/2013/05/uji-analisis-korelasi-dengan-program.html>. Diakses pada hari Sabtu, 10 Januari 2015 jam 12:18 WIB

“Al Khadir” The Holy Quran on Chloroplasts. 2009. www.quranandscience.com/quran-science/plants/174-al-khadir-the-holy-quran-on-chloroplasts diakses pada hari Kamis, 23 Oktober 2014 jam 08:06 WIB

LAMPIRAN-LAMPIRAN

1. Gambar Daun Kedelai



Daun kedelai 1



Daun kedelai 2



Daun kedelai 3



Daun Kedelai 4



Daun Kedelai 5



Daun Kedelai 6



Daun Kedelai 7



Daun Kedelai 8



Daun Kedelai 9



Daun kedelai 10



Daun Kedelai 11



Daun Kedelai 12

2. Gambar Daun Kedelai 100x100 pixel



Daun 1 100x100pixel



Daun 2 100x100pixel



Daun 3 100x100pixel



Daun 4 100x100pixel



Daun 5 100x100pixel



Daun 6 100x100pixel



Daun 7 100x100pixel



Daun 8 100x100pixel



Daun 9 100x100pixel



Daun 10 100x100pixel



Daun 11 100x100pixel



Daun 12 100x100pixel

3. Data RGB Tiap Daun Data Training

Data daun ke-1

*** Nilai RGB ***

width: 100

height: 100

Format : (x,y: R,G,B)

```
(0,0: 46,67,48)
(0,1: 72,93,74)
(0,2: 37,56,36)
(0,3: 98,117,95)
(0,4: 31,49,25)
(0,5: 59,74,51)
(0,6: 82,96,71)
(0,7: 76,90,64)
(0,8: 103,115,91)
(0,9: 24,36,14)
(0,10: 81,93,73)
(0,11: 82,93,76)
(0,12: 75,88,71)
(0,13: 58,70,58)
(0,14: 67,79,69)
(0,15: 92,104,92)
(0,16: 78,92,75)
(0,17: 83,98,79)
(0,18: 58,73,54)
(0,19: 68,83,64)
(0,20: 104,117,100)
(0,21: 110,123,106)
(0,22: 56,67,51)
(0,23: 62,73,57)
(0,24: 49,60,44)
(0,25: 83,94,78)
(0,26: 86,99,82)
(0,27: 67,81,64)
(0,28: 74,91,73)
(0,29: 58,75,57)
(0,30: 74,93,74)
(0,31: 70,87,71)
(0,32: 61,75,62)
(0,33: 90,104,91)
(0,34: 95,109,96)
(0,35: 48,62,49)
(0,36: 101,115,102)
(0,37: 71,85,72)
(0,38: 92,106,93)
(0,39: 68,82,69)
(0,40: 74,88,75)
(0,41: 81,95,82)
```

(0,42: 57,71,58)
 (0,43: 60,74,61)
 (0,44: 87,101,88)
 (0,45: 103,117,104)
 (0,46: 63,77,64)
 (0,47: 71,85,72)
 (0,48: 76,88,74)
 (0,49: 85,97,83)
 (0,50: 66,78,64)
 (0,51: 73,85,71)
 (0,52: 73,85,73)
 (0,53: 80,92,80)
 (0,54: 80,92,82)
 (0,55: 87,99,89)
 (0,56: 95,107,97)
 (0,57: 64,76,66)
 (0,58: 68,80,68)
 (0,59: 35,47,35)
 (0,60: 77,89,75)
 (0,61: 86,99,82)
 (0,62: 35,48,30)
 (0,63: 84,97,79)
 (0,64: 82,97,78)
 (0,65: 80,95,76)
 (0,66: 51,68,49)
 .
 .
 .
 .
 (99,70: 84,101,82)
 (99,71: 55,72,54)
 (99,72: 118,137,118)
 (99,73: 35,54,35)
 (99,74: 77,94,75)
 (99,75: 114,131,112)
 (99,76: 71,86,65)
 (99,77: 72,85,65)
 (99,78: 35,47,25)
 (99,79: 67,76,55)
 (99,80: 97,100,83)
 (99,81: 52,55,38)
 (99,82: 84,88,73)
 (99,83: 79,87,74)
 (99,84: 94,104,93)
 (99,85: 53,65,55)
 (99,86: 86,99,89)
 (99,87: 104,118,105)
 (99,88: 77,89,75)
 (99,89: 99,110,94)
 (99,90: 71,82,65)
 (99,91: 86,97,80)
 (99,92: 95,108,91)
 (99,93: 73,87,70)
 (99,94: 77,94,78)
 (99,95: 79,96,78)
 (99,96: 97,112,93)

```
(99,97: 87,102,83)
(99,98: 99,114,93)
(99,99: 81,96,75)
```

Data Daun ke-2

```
*** Nilai RGB ***
width: 100
height: 100
Format : (x,y: R,G,B)
```

```
(0,0: 78,90,68)
(0,1: 83,95,73)
(0,2: 76,90,67)
(0,3: 73,87,64)
(0,4: 78,93,70)
(0,5: 80,95,72)
(0,6: 78,94,68)
(0,7: 81,97,71)
(0,8: 86,102,75)
(0,9: 91,107,78)
(0,10: 94,109,78)
(0,11: 94,109,76)
(0,12: 97,111,76)
(0,13: 98,112,76)
(0,14: 98,110,72)
(0,15: 97,107,70)
(0,16: 97,105,68)
(0,17: 102,108,72)
(0,18: 105,113,76)
(0,19: 108,116,79)
(0,20: 108,118,81)
(0,21: 110,120,83)
(0,22: 110,122,86)
(0,23: 109,121,85)
(0,24: 100,114,79)
(0,25: 96,110,77)
(0,26: 95,110,79)
(0,27: 95,110,81)
(0,28: 92,108,81)
(0,29: 91,107,80)
(0,30: 89,107,81)
(0,31: 89,105,79)
(0,32: 98,112,86)
(0,33: 101,116,87)
(0,34: 99,114,85)
(0,35: 90,105,76)
(0,36: 93,108,77)
(0,37: 91,106,75)
(0,38: 81,98,66)
(0,39: 91,108,76)
(0,40: 90,107,75)
(0,41: 92,109,77)
(0,42: 91,108,76)
(0,43: 91,108,76)
```

(0,44: 93,110,78)
 (0,45: 88,105,73)
 (0,46: 87,104,72)
 (0,47: 94,110,81)
 (0,48: 90,109,81)
 (0,49: 93,113,86)
 (0,50: 95,113,87)
 (0,51: 93,111,85)
 (0,52: 93,111,85)
 (0,53: 95,113,87)
 (0,54: 97,113,86)
 (0,55: 95,111,84)
 (0,56: 93,109,82)
 (0,57: 93,109,82)
 (0,58: 91,107,80)
 (0,59: 85,101,74)
 (0,60: 79,98,70)
 (0,61: 81,100,72)
 (0,62: 80,101,70)
 (0,63: 76,95,67)
 (0,64: 74,90,64)
 (0,65: 86,102,76)
 (0,66: 77,92,69)
 (0,67: 86,101,78)
 (0,68: 93,108,87)
 (0,69: 80,95,74)
 (0,70: 80,98,76)
 (0,71: 84,102,80)
 (0,72: 83,101,77)
 (0,73: 84,102,78)
 (0,74: 86,106,79)
 (0,75: 86,106,78)
 (0,76: 81,102,71)
 (0,77: 81,102,71)
 (0,78: 83,107,73)
 (0,79: 89,110,77)
 (0,80: 104,124,89)
 (0,81: 93,113,78)
 (0,82: 90,107,73)
 (0,83: 87,104,70)
 (0,84: 83,100,66)
 (0,85: 86,103,69)
 (0,86: 92,109,75)
 (0,87: 94,111,77)
 (0,88: 91,106,73)
 (0,89: 88,103,70)
 (0,90: 83,98,67)
 (0,91: 79,94,63)
 (0,92: 76,89,59)
 (0,93: 72,85,55)
 (0,94: 69,82,52)
 (0,95: 70,79,50)
 (0,96: 67,70,41)
 (0,97: 65,65,37)
 (0,98: 56,56,28)
 (0,99: 52,52,24)

.
 .
 .
 .
 (99,70: 84,99,80)
 (99,71: 75,90,71)
 (99,72: 72,87,66)
 (99,73: 76,91,70)
 (99,74: 70,85,64)
 (99,75: 75,90,69)
 (99,76: 78,96,74)
 (99,77: 73,91,69)
 (99,78: 77,95,73)
 (99,79: 83,101,79)
 (99,80: 87,107,82)
 (99,81: 88,108,83)
 (99,82: 85,103,79)
 (99,83: 91,109,85)
 (99,84: 76,91,68)
 (99,85: 73,88,65)
 (99,86: 74,88,65)
 (99,87: 75,89,66)
 (99,88: 70,83,63)
 (99,89: 73,86,66)
 (99,90: 68,81,61)
 (99,91: 71,84,64)
 (99,92: 62,77,56)
 (99,93: 66,81,60)
 (99,94: 62,77,56)
 (99,95: 65,80,59)
 (99,96: 65,80,61)
 (99,97: 68,83,64)
 (99,98: 73,88,69)
 (99,99: 76,91,72)

Data Daun ke-3

*** Nilai RGB ***
 width: 100
 height: 100
 Format : (x,y: R,G,B)

(0,0: 77,89,75)
 (0,1: 88,100,86)
 (0,2: 85,96,80)
 (0,3: 78,86,71)
 (0,4: 81,88,72)
 (0,5: 73,80,62)
 (0,6: 62,67,47)
 (0,7: 60,65,43)
 (0,8: 69,77,53)
 (0,9: 83,91,67)
 (0,10: 109,119,95)
 (0,11: 77,89,67)
 (0,12: 72,85,65)



(0,13: 88,103,82)
(0,14: 76,93,74)
(0,15: 88,105,86)
(0,16: 86,105,85)
(0,17: 92,114,93)
(0,18: 77,99,76)
(0,19: 62,84,61)
(0,20: 75,97,74)
(0,21: 83,105,82)
(0,22: 69,89,64)
(0,23: 56,76,51)
(0,24: 70,88,64)
(0,25: 70,88,64)
(0,26: 57,72,51)
(0,27: 76,91,70)
(0,28: 90,105,86)
(0,29: 79,94,75)
(0,30: 79,94,75)
(0,31: 68,83,62)
(0,32: 67,83,57)
(0,33: 74,90,63)
(0,34: 35,49,24)
(0,35: 78,92,67)
(0,36: 59,73,50)
(0,37: 77,91,68)
(0,38: 71,83,63)
(0,39: 48,60,40)
(0,40: 86,98,78)
(0,41: 90,102,82)
(0,42: 62,74,54)
(0,43: 89,101,81)
(0,44: 62,74,52)
(0,45: 65,77,55)
(0,46: 109,121,97)
(0,47: 58,72,49)
(0,48: 57,76,54)
(0,49: 64,86,63)
(0,50: 30,49,29)
(0,51: 90,109,89)
(0,52: 83,100,81)
(0,53: 63,78,59)
(0,54: 72,85,67)
(0,55: 71,84,66)
(0,56: 89,102,85)
(0,57: 64,77,60)
(0,58: 83,94,78)
(0,59: 81,92,76)
(0,60: 89,100,86)
(0,61: 81,92,78)
(0,62: 82,94,80)
(0,63: 93,106,89)
(0,64: 74,89,70)
(0,65: 76,94,72)
(0,66: 79,97,75)
(0,67: 85,103,81)
(0,68: 68,83,62)

(0,69: 87,102,81)
 (0,70: 69,84,63)
 (0,71: 85,100,79)
 (0,72: 93,106,86)
 (0,73: 94,107,87)
 (0,74: 104,117,99)
 (0,75: 96,109,91)
 (0,76: 110,121,104)
 (0,77: 94,105,88)
 (0,78: 87,98,81)
 (0,79: 127,140,122)
 (0,80: 98,113,92)
 (0,81: 101,118,99)
 (0,82: 96,113,95)
 (0,83: 81,98,80)
 (0,84: 91,105,90)
 (0,85: 102,116,101)
 (0,86: 87,101,84)
 (0,87: 86,100,83)
 (0,88: 88,103,84)
 (0,89: 92,107,86)
 (0,90: 87,105,83)
 (0,91: 76,95,73)
 (0,92: 74,96,75)
 (0,93: 69,90,71)
 (0,94: 79,102,84)
 (0,95: 99,120,101)
 (0,96: 73,90,71)
 (0,97: 105,120,99)
 (0,98: 107,122,99)
 (0,99: 83,98,75)
 .
 .
 .
 .
 (99,70: 71,87,58)
 (99,71: 57,73,44)
 (99,72: 77,93,64)
 (99,73: 86,102,73)
 (99,74: 89,104,73)
 (99,75: 89,104,73)
 (99,76: 105,119,86)
 (99,77: 104,115,83)
 (99,78: 86,97,65)
 (99,79: 90,101,67)
 (99,80: 112,122,87)
 (99,81: 119,129,95)
 (99,82: 93,102,71)
 (99,83: 74,83,54)
 (99,84: 67,77,50)
 (99,85: 84,94,69)
 (99,86: 83,96,70)
 (99,87: 74,87,61)
 (99,88: 62,77,48)
 (99,89: 86,101,72)
 (99,90: 98,115,83)

```
(99,91: 86,103,71)
(99,92: 90,109,79)
(99,93: 86,105,75)
(99,94: 68,87,59)
(99,95: 42,60,34)
(99,96: 61,79,55)
(99,97: 66,84,60)
(99,98: 67,85,61)
(99,99: 60,78,54)
```

4. Tabel Uji Signifikasi Nilai Red, Green, dan Blue Terhadap Jumlah Klorofil

Correlations

		red	green	blue	klorofil
red	Pearson Correlation	1	.908 ^{**}	.011	-.755 ^{**}
	Sig. (2-tailed)		.000	.958	.000
	N	25	25	25	25
green	Pearson Correlation	.908 ^{**}	1	-.272 [*]	-.874 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	.000		.188	.000
	N	25	25	25	25
blue	Pearson Correlation	.011	-.272 [*]	1	.436 [*]
	Sig. (2-tailed)	.958	.188		.029
	N	25	25	25	25
klorofil	Pearson Correlation	-.755 ^{**}	-.874 ^{**}	.436 [*]	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.029	
	N	25	25	25	25

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

5. Source code Hitung Jumlah RGB Daun

```
/*
 * To change this template, choose Tools | Templates
 * and open the template in the editor.
 */
package hitungklorofil;

/**
 *
 * @author Saif Robbani
 */
import java.awt.image.BufferedImage;
import java.io.BufferedWriter;
import java.io.File;
import java.io.FileWriter;
import java.io.IOException;
```

```

import java.util.logging.Level;
import java.util.logging.Logger;
import javax.imageio.ImageIO;
import javax.swing.JOptionPane;

public class HitungKlorofil {

    private BufferedImage image;
    private int[][] rgbValue;
    private int i;
    private String value = " *** Nilai RGB ***\n";

    /**
     * @param args the command line arguments
     */
    public void setImage(BufferedImage dataImage) {
        image = dataImage;
    }

    public BufferedImage getImage() {
        return image;
    }

    static int aver=0;
    static int aveg=0;
    static int aveb=0;

    public void setRGBValue(BufferedImage image) {
        int width = image.getWidth();
        int height = image.getHeight();

        int total = width*height;

        int red=0;
        int green=0;
        int blue=0;

        value+="width: " + width+"\n"
            + "height: " + height+"\n";
        value+="Format : (x,y: R,G,B) \n\n";
        rgbValue = new int[width*height][3];
        int counter = 0;

        for(i=0; i<width; i++){
            for(int j=0; j<height; j++){
                int color = image.getRGB(i, j);

                red = (color & 0x00ff0000) >> 16;
                green = (color & 0x0000ff00) >> 8;
                blue = (color & 0x000000ff);

                aver += red;
                aveg += green;
                aveb += blue;

                rgbValue [counter][0]=red;

```

```

        rgbValue [counter][1]=green;
        rgbValue [counter][2]=blue;

        counter++;
        //value+=" (" + i + ", " + j + ": " + red + ") \n";
        value+=" (" + i + ", " + j + ": " + red
+ ", " + green + ", " + blue + ") \n";
    }
    System.out.println("Kolom ke : " + i);
}

aver = aver/total;
aveg = aveg/total;
aveb = aveb/total;
}

public void cetakRGBValue(String PathFile) {
    try {
        BufferedWriter writer = new BufferedWriter(new
FileWriter(PathFile));
        writer.write(value);
        writer.close();
    } catch (Exception ex) {

Logger.getLogger(HitungKlorofil.class.getName()).log(Level.SEV
ERE, null, ex);
    }
}

public int redValue(){
    return this.aver;
}

public int greenValue(){
    return this.aveg;
}

public int blueValue(){
    return this.aveb;
}
}
}

```

6. Source code Fuzzy Mamdani

```

public void fuzzyMamdani() {
    p1 = Math.min(RRendah, GRendah); // Klo Tinggi
    p2 = Math.min(RSedang, GRendah); // Klo Tinggi
    p3 = Math.min(RSedang, GSedang); // Klo Tinggi
    p4 = Math.min(RRendah, GSedang); // Klo Rendah
    p5 = Math.min(RRendah, GTinggi); // Klo Rendah
    p6 = Math.min(RSedang, GTinggi); // Klo Rendah
    p7 = Math.min(RTinggi, GSedang); // Klo Rendah
}

```

```

p8 = Math.min(RTinggi, GTinggi); // Klo Rendah

System.out.println("\n");
System.out.println("Aturan ke-1 : " + p1); // tinggi
System.out.println("Aturan ke-2 : " + p2); // tinggi
System.out.println("Aturan ke-3 : " + p3); // tinggi
System.out.println("Aturan ke-4 : " + p4); // tinggi
System.out.println("Aturan ke-5 : " + p5); // tinggi
System.out.println("Aturan ke-6 : " + p6); // rendah
System.out.println("Aturan ke-7 : " + p7); // rendah
System.out.println("Aturan ke-8 : " + p8); // rendah

double uaa1[] = {p5, p6, p7, p8}; // rendah
double uaa2[] = {p1, p2, p3, p4}; // tinggi

Arrays.sort(uaa1);
Arrays.sort(uaa2);

ua1 = uaa1[uaa1.length-1]; //rendah
ua2 = uaa2[uaa2.length-1]; // tinggi

if(ua1 < ua2){
    //a1 = ((43.2 - 39.5) * ua1) + 39.5;
    a1 = (8.78 + ua1) / 0.22;
    a2 = (8.78 + ua2) / 0.22;

    m1 = ua1/2 * Math.pow(a1, 2);
    m2 = ((2 * Math.pow(a2, 3)) - (3 * 35 *
Math.pow(a2, 2))) / (6 * (39.5-35))
        - ((2 * Math.pow(a1, 3)) - (3 * 35 *
Math.pow(a1, 2))) / (6 * (39.5-35));
    // m2 = (0.54 * Math.pow(a2, 3) - 32.04 *
Math.pow(a2, 2))/ 6
    // - (0.54 * Math.pow(a1, 3) - 32.04 *
Math.pow(a1, 2))/ 6;
    m3 = (ua2 / 2 * Math.pow(46.5, 2)) - (ua2 / 2 *
Math.pow(a2, 2));

    L1 = a1 * ua1;
    L2 = ((ua1 + ua2) * (a2 - a1) / 2);
    L3 = (46.5 - a2) * ua2;
}else{

    //a1 = ((43.2 - 39.5) * ua2) + 39.5;
    //a2 = ((43.2 - 39.5) * ua1) + 39.5;
    a1 = (7.78 - ua1) / 0.22;
    a2 = (7.78 - ua2) / 0.22;

    m1 = ua1/2 * Math.pow(a1, 2);
    m2 = ((2 * Math.pow(a2, 3)) - (3 * 35 *
Math.pow(a2, 2))) / (6 * (39.5-35))
        - ((2 * Math.pow(a1, 3)) - (3 * 35 *
Math.pow(a1, 2))) / (6 * (39.5-35));
    // m2 = (35.04 * Math.pow(a2, 2) - 0.54 *
Math.pow(a2, 3)) / 6
    // - (35.04 * Math.pow(a1, 2) - 0.54 *

```

```
Math.pow(a1, 3)) / 6;  
m3 = (ua2 / 2) * Math.pow(46.5, 2) - (ua2 / 2) *  
Math.pow(a2, 2);  
  
L1 = a1 * ua1;  
L2 = ((ua1 + ua2) * (a2 - a1) / 2);  
L3 = (46.5 - a2) * ua2;  
}  
  
z = (m1+m2+m3) / (L1+L2+L3);  
}
```

