

**IMPLEMENTASI METODE FUZZY MAMDANI BERBASIS GroIMP
XL-SYSTEM PADA PERTUMBUHAN IDEAL KACANG KEDELAI
TERHADAP INTENSITAS PENYIRAMAN DAN PEMUPUKAN**

SKRIPSI

Oleh:

NAZZALA TIA KUMALASARI

NIM: 10650084



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2014**

**IMPLEMENTASI METODE FUZZY MAMDANI BERBASIS GroIMP
XL-SYSTEM PADA PERTUMBUHAN IDEAL KACANG KEDELAI
TERHADAP INTENSITAS PENYIRAMAN DAN PEMUPUKAN**

SKRIPSI

Oleh:

NAZZALA TIA KUMALASARI

NIM: 10650084



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2014**

**IMPLEMENTASI METODE FUZZY MAMDANI BERBASIS GroIMP
XL-SYSTEM PADA PERTUMBUHAN IDEAL KACANG KEDELAI
TERHADAP INTENSITAS PENYIRAMAN DAN PEMUPUKAN**

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:
NAZZALA TIA KUMALASARI
NIM: 10650084 / S-1**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2014**

**IMPLEMENTASI METODE FUZZY MAMDANI BERBASIS GroIMP
XL-SYSTEM PADA PERTUMBUHAN IDEAL KACANG KEDELAI
TERHADAP INTENSITAS PENYIRAMAN DAN PEMUPUKAN**

SKRIPSI

oleh :

NAZZALA TIA KUMALASARI

NIM : 10650084

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:

Tanggal: 10 April 2014

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Suhartono, M.Kom

NIP : 19680519 200312 1 001

Irwan Budi Santoso, M.Kom

NIP : 19770103 201101 1 004

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika

Dr. Cahyo Crysdian

NIP : 197404242009011008

**IMPLEMENTASI METODE FUZZY MAMDANI BERBASIS GroIMP
XL-SYSTEM PADA PERTUMBUHAN IDEAL KACANG KEDELAI
TERHADAP INTENSITAS PENYIRAMAN DAN PEMUPUKAN**

SKRIPSI

oleh :

NAZZALA TIA KUMALASARI

NIM. 10650084

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi

Dan dinyatakan sebagai Salah Satu Persyaratan

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Tanggal 10 April 2014

Susunan Dewan Penguji :

Tanda Tangan

- | | | | |
|-------------------------|--|---|---|
| 1. Penguji Utama | : <u>Totok Chamidy, M. Kom</u> | (|) |
| | NIP. 19691222 200604 1001 | | |
| 2. Ketua | : <u>Dr. Muhammad Faisal M.T</u> | (|) |
| | NIP. 19740510 200501 1 007 | | |
| 3. Sekretaris | : <u>Dr. Suhartono, M. Kom</u> | (|) |
| | NIP. 19680519 200312 1 001 | | |
| 4. Anggota | : <u>Irwan Budi Santoso, M. Kom</u> | (|) |
| | NIP. 19770103 201101 1 004 | | |

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Dr.Cahyo Crysdian
NIP. 197404242009011008

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Nazzala Tia Kumalasari
NIM : 10650084
Fakultas/Jurusan : Sains Dan Teknologi / Teknik Informatika

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis yang berjudul **”IMPLEMENTASI METODE FUZZY MAMDANI BERBASIS GroIMP XL-SYSTEM PADA PERTUMBUHAN IDEAL KACANG KEDELAI TERHADAP INTENSITAS PENYIRAMAN DAN PEMUPUKAN”** 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, 7 April 2014

Yang Membuat Pernyataan,

Nazzala Tia Kumalasari

NIM. 10650084

MOTTO

**” Kesuksesan adalah buah
kesabaran, dari bibit kesungguhan,
dengan semai bunga keyakinan dan
arti sebuah ketulusan ”**

HALAMAN PERSEMBAHAN

Allah SWT dan junjungan besar **Nabi Muhammad SAW**
atas segala limpahan rahmat serta hidayahnya hingga
terselesaikan skripsi ini.

Bapak, Ibu dan **Adit** di rumah..terimakasih atas segala doa,
dukungan, semangat yang luar biasa sampai Tia bisa jadi
Nazzala Tia Kumalasari S.Kom

Pak Suhartono, Pak Irwan, Pak Suyono, Pak Aziz
terimakasih atas segala bimbingannya.

Terspesial **Mohamad Rifa'i**, makasih buat semangat dan
dukungannya, selalu setia menemani di suka dan dukaku.

Essy F dan **Lilil L**. Kedua temen kamar yang begitu support
dan baik banget, serta **Hana, Tiwi, Sari, Tante, Agung,**
Joko yang udah bantu nanem dan ngrawat kedelainya.

Rizal, Munaz, Catur, Novi, Puspa, Jun, Muiz, Haris
adalah teman seperjuangan mulai dari ujian seminar hingga
skripsi, dan spesial terimakasih buat **Listya W**. dengan
kesabaranmu menemaniku memahami Mamdani serta Temen-
temen TI angkatan 2010 lainnya , semoga sukses buat
semuanya.

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 ” Implementasi Metode Fuzzy Mamdani Berbasis GroIMP XL-System Pada Pertumbuhan Ideal Kacang Kedelai Terhadap Intensitas Penyiraman Dan Pemupukan ” 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 meyusun program ini adalah luar biasa bermanfaat. Sehingga sudilah kiranya penulis mengucapkan beribu-ribu terimakasih kepada :

1. Bapak, Ibu dan Adit sebagai keluarga yang penuh motivasi dan doa terbaik.
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 Crys dian, M.Kom selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, yang mendukung dan mengarahkan dalam pengerjaan skripsi ini.
5. Totok Chamidy, M. Kom selaku Penguji Utama dan Dr. M. Faisal, M.T selaku Ketua Penguji, yang memberikan masukan dan kritikan dalam penulisan skripsi ini.
6. Segenap Dosen Teknik informatika dan teman-teman TI angkatan 2010 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, 07 April 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGANTAR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penulisan	5
1.5 Manfaat Penulisan	6
BAB II KAJIAN TEORI	7
2.1 Kacang Kedelai	7
2.1.1 Akar Kedelai	11
2.1.2 Batang Kedelai	11
2.1.3 Daun Kedelai	12
2.1.4 Bunga Kedelai	12
2.1.5 Polong dan Biji Kedelai	13
2.1.6 Bulu Kedelai	14
2.1.7 Varietas Kaba	14
2.2 Penyiraman Tanaman	15
2.2.1 Kebutuhan Air pada Tanaman Kedelai	16
2.3 Pupuk NPK	17
2.4 Metode Fuzzy	18
2.4.1 Konsep Himpunan Fuzzy	20
2.4.1.1 Pengertian Himpunan Fuzzy	20
2.4.1.2 Fungsi Keanggotaan	21
2.4.1.3 Operasi Himpunan Fuzzy	26
2.4.1.4 Fungsi Implikasi	27
2.4.2 Sistem Berbasis Aturan Fuzzy	29
2.5 Metode Mamdani	30
2.6 Mean Absolute Percentage Error	34
2.7 XL-System	35
2.8 GroIMP	35

BAB III METODE PENELITIAN	37
3.1 Metode Penelitian	37
3.1.1 Objek Penelitian.....	39
3.1.2 Variabel Penelitian.....	40
3.1.3 Tempat dan Waktu	40
3.1.4 Alat dan Bahan.....	40
3.2 Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	41
3.2.1 Persiapan Lahan	41
3.2.2 Penyiapan Bibit Tanaman	44
3.2.3 Penanaman dan Pemeliharaan.....	45
3.3 Pengambilan Data	47
3.4 Desain Sistem dan Diagram Alur.....	48
3.4.1 Masukan.....	51
3.4.2 Proses	51
3.4.2.1 Pembentukan Himpunan Fuzzy.....	51
3.4.2.2 Fungsi Implikasi Aturan Fuzzy	56
3.4.2.3 Komposisi Antar Aturan.....	57
3.4.2.4 Defuzifikasi	58
3.4.3 Keluaran.....	59
3.5 Tahap Implementasi.....	59
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	61
4.1 Analisis Data	61
4.1.1 Grafik Pertumbuhan Tinggi Batang Tanaman Kedelai.....	64
4.1.2 Grafik Pertumbuhan Tinggi Daun Tanaman Kedelai	66
4.2 Pembentukan Himpunan Fuzzy	67
4.2.1 Intensitas Penyiraman.....	67
4.2.2 Intensitas Pemupukan	69
4.2.3 Tinggi Tanaman.....	70
4.2.4 Daun Tanaman.....	71
4.3 Pembentukan Aturan Fuzzy	72
4.4 Implementasi Program	76
4.4.1 Kebutuhan Perangkat Keras	76
4.4.2 Kebutuhan Perangkat Lunak	76
4.4.3 Perangkat Pembuatan dan Uji Coba Program	76
4.4.3.1 Perangkat Keras.....	76
4.4.3.2 Perangkat Lunak.....	77
4.5 Pembuatan dan Pengujian Program	77
4.6 Hasil Program	86
4.7 Evaluasi Program	87
4.8 Integrasi Sistem dengan Islam	92
BAB V PENUTUP.....	93
5.1 Kesimpulan	93
5.2 Saran	93
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Pola Lahan Penanaman	41
Tabel 3.2 Himpunan dan Domain Intensitas Penyiraman.....	52
Tabel 3.3 Pembentukan Aturan Fuzzy	56
Tabel 4.1 Data Rata-rata Pertumbuhan Kacang Kedelai pada 14 HST	61
Tabel 4.2 Data Rata-rata Pertumbuhan Kacang Kedelai pada 21 HST	62
Tabel 4.3 Data Rata-rata Pertumbuhan Kacang Kedelai pada 28 HST	62
Tabel 4.4 Data Rata-rata Pertumbuhan Kacang Kedelai pada 35 HST	63
Tabel 4.5 Data Rata-rata Pertumbuhan Kacang Kedelai pada 42 HST	63
Tabel 4.6 Himpunan dan Domain Intensitas Penyiraman.....	68
Tabel 4.7 Data Penelitian pada Minggu ke-6.....	73
Tabel 4.8 Aturan Fuzzy Berdasarkan Data Penelitian	74
Tabel 4.9 Pembentukan Aturan Fuzzy Mamdani.....	75
Tabel 4.10 Aturan Fuzzy Tinggi Tanaman	75
Tabel 4.11 Aturan Fuzzy Jumlah Daun	75
Tabel 4.12 Data Hasil Perlakuan pada 42 HST	88
Tabel 4.13 Data Hasil Error Tinggi Tanaman.....	89
Tabel 4.14 Data Persentase Error Jumlah Daun pada 28 HST	90
Tabel 4.15 Data Persentase Error Jumlah Daun pada 35 HST	90
Tabel 4.16 Data Persentase Error Jumlah Daun pada 42 HST	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kacang Kedelai	8
Gambar 2.2 Representasi Linear Naik	22
Gambar 2.3 Representasi Linear Turun	23
Gambar 2.4 Representasi Kurva Segitiga	24
Gambar 2.5 Representasi Kurva Trapesium	25
Gambar 2.6 Representasi Kurva Bahu	26
Gambar 2.7 Fungsi Implikasi MIN	28
Gambar 2.8 Fungsi Implikasi DOT.....	29
Gambar 3.1 Permohonan Benih	45
Gambar 3.2 Penanaman Bibit	46
Gambar 3.3 Flowchart Simulasi Tanaman Kacang Kedelai	49
Gambar 3.4 Blok Diagram Fuzzy Mamdani	50
Gambar 3.5 Fungsi Keanggotaan Variabel Intensitas Penyiraman.....	52
Gambar 3.6 Fungsi Keanggotaan Variabel Intensitas Pemupukan.....	53
Gambar 3.7 Fungsi Keanggotaan Variabel Tinggi Tanaman.....	54
Gambar 3.8 Fungsi Keanggotaan Variabel Jumlah Daun Tanaman	55
Gambar 4.1 Grafik Tinggi Batang Kacang Kedelai.....	64
Gambar 4.2 Hasil Uji Nilai Sig pada Tinggi Batang Tanaman.....	65
Gambar 4.3 Grafik Pertumbuhan Daun Kacang Kedelai.....	66
Gambar 4.4 Hasil Uji Nilai Sig pada Pertumbuhan Daun Tanaman	67
Gambar 4.5 Fungsi Keanggotaan Variabel Intensitas Penyiraman.....	69
Gambar 4.6 Fungsi Keanggotaan Variabel Intensitas Pemupukan	70
Gambar 4.7 Fungsi Keanggotaan Variabel Tinggi Tanaman.....	71
Gambar 4.8 Fungsi Keanggotaan Variabel Jumlah Daun Tanaman	72
Gambar 4.9 Source Code Fungsi Implikasi Min.....	79
Gambar 4.10 Hasil Implikasi Min.....	80
Gambar 4.11 Source Code α_1, α_2 Batang serta Fungsi Keanggotaannya	81
Gambar 4.12 Hasil α_1, α_2 Batang	81
Gambar 4.13 Source Code α_1, α_2 Daun serta Fungsi Keanggotaannya.....	82
Gambar 4.14 Hasil α_1, α_2 Daun	83
Gambar 4.15 Source Code Menghitung Momen Masing-masing Daerah.....	85
Gambar 4.16 Source Code Luas Daerah Batang dan Daun	85
Gambar 4.17 Source Code Rata-rata Terbobot Batang dan Daun	86
Gambar 4.18 Hasil Output Fuzzy Mamdani	86
Gambar 4.19 Hasil Simulasi Tanaman Kacang Kedelai	87
Gambar 4.20 Keterangan Hasil Simulasi Tanaman Kacang Kedelai	87

ABSTRAK

Kumalasari, Nazzala Tia. 2014. **Implementasi Metode Fuzzy Mamdani Berbasis GroIMP XL-System Pada Pertumbuhan Ideal Kacang Kedelai Terhadap Intensitas Penyiraman Dan Pemupukan**. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Suhartono, M.Kom (II) Irwan Budi Santoso, M.Kom

Kata Kunci: *Kedelai, Fuzzy Mamdani, XI-System, GroIMP.*

Program simulasi dengan Metode Fuzzy Mamdani Pada Pertumbuhan Ideal Kacang Kedelai Terhadap Intensitas Penyiraman Dan Pemupukan, dibangun dalam sebuah software bernama GroIMP XI-System. Data morfologi tinggi batang dan jumlah daun tanaman kacang kedelai varietas Kaba digunakan sebagai data inputan dalam program simulasi yang mana diperhitungkan dengan menggunakan Fuzzy Mamdani sehingga menghasilkan nilai rata-rata terbobot untuk kedua data baik data tinggi batang tanaman dan jumlah daun yang mana menghasilkan sebuah simulasi pertumbuhan kacang kedelai yang menampilkan sebuah struktur simulasi tanaman kacang kedelai yang terdiri dari bagian batang dan daun yang sederhana. Dalam perhitungan Fuzzy Mamdani terdapat beberapa langkah seperti Pembentukan Himpunan Fuzzy (Fuzzyfikasi), Aplikasi fungsi implikasi, Komposisi antar aturan dan Defuzzifikasi atau menghitung nilai rata-rata terbobot. Setelah diketahui data simulasi dalam program, sebuah Metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), digunakan untuk menghitung persentase error antar data aktual di lapangan dengan data hasil simulasi, yang mana hasil program simulasi tanaman kacang kedelai menghasilkan persentase error dari tinggi tanaman yaitu 13,6 % sehingga nilai keakurasian dari percobaan ini 86,4 % dan untuk persentase error dari daun tanaman yaitu 32,7 % sehingga nilai keakurasian dari percobaan ini untuk hasil dari jumlah daun tanaman sebesar 67,3 %.

ABSTRACT

Kumalasari, Nazzala Tia. 2014. **The Simulation Program Of Ideal Growth Soybean On Watering And Fertilizing Intensity With Fuzzy Mamdani Method.** Theses, Infomatic Engineering Programme Faculty of Science and Technology The State of Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang. Promotor: (I) Dr. Suhartono, M.Kom (II) Irwan Budi Santoso, M.Kom

The simulation program of ideal growth soybean on watering and fertilizing intensity with Fuzzy Mamdani method are constructed of software called GroIMP XL-System. Morphological data of stem height and number of leaves of Kaba soybean are the input data of the simulation program resulting a soybean simulation structure consisting of simple stem and leaf parts. There are several steps of Fuzzy Mamdani calculation, such as the establishment of fuzzy sets (Fuzzification), the application of implication function, composition between rules or calculate a weighted average value. Once simulation data within the program is identified, a method of Mean Absolute Percentage Error (MAPE) is used to calculate the error percentage between the actual data in the field with the data of simulation results producing the error percentage of height plants is 13.6%, therefore the value of the accuracy of the experiment is 86.4%. While the error percentage of the leaves numbers is 32, 7% hence the value of the accuracy of the results of this experiment is 67, 3%.

Keywords: *Soybean, Mamdani Fuzzy Methods, XL-System, GroIMP.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seringkali Al Qur'an mengajak umat manusia untuk memikirkan tentang Pencipta dan ciptaan-Nya. Yang Mahakuasa telah menciptakan jagad raya dan seisinya, memberi penghidupan bagi semua makhluknya, dan yang telah menganugrahkan kepada manusia nikmat dan keindahan yang tak terhitung jumlahnya. (AA & At-Tubany, 2009)

Agar mampu dengan baik di dunia yang seperti ini, manusia harus mempelajari dunianya, makhluk di dalamnya dan sunatullahnya. Ilmu pengetahuan alam dan kehidupan sebenarnya terdapat dalam pemahaman terhadap manusia dan alam semesta, Pemahaman terhadap dunia empiris, dunia yang tunduk pada pengamatan manusia. Ilmu pengetahuan lalu dianggap sebagai pemahaman terhadap sunatullah yang ada di alam semesta ini. Masih banyak lagi sunnatullah untuk dipelajari, seperti banyaknya dunia empiris yang harus diamati. Ini merupakan tantangan bagi manusia. Manusia harus mempelajari sunnatullah yang terdapat di alam jauh sebelum manusia itu sendiri ada. Ilmu pengetahuan adalah pemahaman terhadap sunnatullah. (Al-Zindani, 1997). Ilmu pengetahuan digunakan untuk mengembangkan segala kekayaan yang diciptakan Allah SWT untuk memenuhi kebutuhan manusia itu sendiri. Sebagaimana yang dinyatakan Allah dalam ayat-Nya

yakni merenungkan tiap ayat Al Qur'an, mengambil pelajaran dari ayat tersebut dan memperbaiki perilaku seseorang sesuai dengan pelajaran yang terkandung di dalamnya. Memang, tidaklah mudah dalam mencari kandungan yang terpendam dalam Al Qur'an. Meski begitu, Allah telah berjanji bahwa tidaklah sulit untuk mempelajari Al Qur'an. Hal ini diterangkan dalam surah Al Qomar ayat 22 yang berbunyi :

﴿ ٢٢ ﴾ وَلَقَدْ يَسَّرْنَا الْقُرْآنَ لِلذِّكْرِ فَهَلْ مِنْ مُدْرِكٍ

"Dan sesungguhnya telah Kami mudahkan Al Qur'an untuk pelajaran, maka adakah orang yang mengambil pelajaran?"

Pesan-pesan Al Qur'an mengenai pentingnya lingkungan hidup adalah demikian jelas dan prospektif. Lingkungan hidup sebagai suatu sistem juga ditunjukkan oleh Al Qur'an. Tanggung jawab manusia untuk memelihara lingkungan hidup diulang berkali-kali. Larangan merusak lingkungan dinyatakan dengan jelas. Peranan dan pentingnya air dalam lingkungan hidup juga ditekankan. Yang terakhir dan tidak kalah pentingnya adalah peringatan mengenai kerusakan lingkungan hidup yang terjadi pada pengelolaan bumi dengan mengabaikan petunjuk Allah. Seperti ayat berikut , yang menjelaskan salah satu penciptaan Allah SWT berupa tumbuhan, hendaknya dilestarikan dan dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya agar dapat diambil manfaat untuk mencukupi berbagai kebutuhannya.

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾

” Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik? (QS Asy Syu'araa' ayat 7).

Dalam Tafsir Jalalain menyebutkan bahwa Tidakkah mereka memperhatikan bahwa di bumi ini telah tumbuh berbagai jenis tumbuhan yang jenisnya baik.

إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَةً وَمَا كَانَ أَكْثَرُهُمْ مُّؤْمِنِينَ ﴿٨﴾

“ Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat suatu tanda kekuasaan Allah. Dan kebanyakan mereka tidak beriman.” (QS Asy Syu'araa' ayat 8).

Sedangkan menurut Tafsir Jalalain pula, ayat ini menjelaskan bahwa tanda-tanda kekuasaan Allah terdapat pada tanda bahwa di bumi ini telah tumbuh berbagai jenis tumbuhan yang jenisnya baik, seperti yang telah disebutkan dalam ayat 7 tadi, tetapi kebanyakan dari makhluknya tidak mau beriman kepada Allah meskipun Allah sudah menunjukkan kebesaran Nya.

Dari ragamnya jenis dan varietas tanaman atau flora di Indonesia, tanaman yang tergolong sebagai kacang-kacangan termasuk jenis yang manfaatnya banyak sekali, baik dapat digunakan untuk sayur, lauk-pauk, bahan baku kecap dan olahan makanan lainnya, khususnya kacang kedelai. Kedelai telah beratus-ratus tahun dibudidayakan di Indonesia, dan prospek pengembangannya masih tetap amat cerah. Hal ini memberikan isyarat bahwa kedelai mempunyai nilai ekonomi sosial yang tinggi dan peranannya makin

strategis dalam tatanan kehidupan manusia. Kedelai merupakan komoditas pertanian yang sangat dibutuhkan di Indonesia, baik sebagai bahan makanan manusia, pakan ternak, bahan baku industri maupun bahan penyegar. Bahkan dalam tatanan perdagangan pasar internasional, kedelai merupakan komoditas ekspor berupa minyak nabati, pakan ternak dan lain-lain di berbagai negara di dunia (Rukmana & Yuyun Yuniarsih, 1996). Kacang kedelai dengan nama Indonesia kedelai, kacang jepun, dan kacang bulu, memiliki banyak macam manfaatnya diantaranya adalah bahan baku untuk pembuatan tahu, tempe dan kecap dengan jenis kedelai hitam, atau bahkan dapat dimakan begitu saja. Mengingat hal tersebut, sehingga sudah menjadi konsumsi publik yang tidak sedikit, namun sangat disayangkan dengan kondisi bahwa "Kebutuhan impor kedelai sampai akhir tahun 2013 ini diperkirakan 400.000-500.000 ton. Setiap tahun kebutuhan kedelai nasional 2,5 juta-2,7 juta ton, sedangkan produksi dalam negeri 700.000-800.000 ton. Oleh karena itu, produksi kedelai dalam negeri hanya mencukupi 25-30 persen dari total kebutuhan kedelai nasional. Sebanyak 75 persen kebutuhan kedelai mengandalkan impor, terutama dari Amerika Serikat." (Kompas, 2013)

Menilik kenyataan di atas, maka dirasa perlu untuk meningkatkan kualitas penanaman kacang kedelai itu sendiri, sehingga dibuatlah sebuah rancangan penelitian yang berjudul " **Implementasi Metode Fuzzy Mamdani Berbasis GroIMP XL-System Pada Pertumbuhan Ideal Kacang Kedelai Terhadap Intensitas Penyiraman Dan Pemupukan** ". Dalam penelitian ini, akan dibuat sebuah simulasi atau virtualisasi model tanaman kacang kedelai

berdasarkan intensitas penyiraman dan pemupukan, sehingga dari proses perhitungan Fuzzy dengan menggunakan inputan data fisik tanaman atau data morfologi tanaman seperti data tinggi batang tanaman dan jumlah daun tanaman dapat menghasilkan suatu kesimpulan kacang kedelai yang ideal dengan intensitas penyiraman dan pemupukan yang optimal. Penelitian ini, akan disimulasikan dalam sebuah software GroIMP XL-System.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana membangun implementasi metode Fuzzy Mamdani berbasis GroIMP XL-System pada pertumbuhan ideal kacang kedelai terhadap intensitas penyiraman dan pemupukan?

1.3 Batasan Masalah

1. Aplikasi ini dibangun berbasis Desktop
2. Penanaman kacang kedelai ditanam pada pot dengan menggunakan tanah humus dicampur dengan pupuk kandang
3. Varietas yang digunakan dalam penelitian ini adalah varietas Kaba

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memudahkan seseorang dalam mensimulasikan pertumbuhan ideal kacang kedelai berbasis GroIMP XL-System metode Fuzzy Mamdani dengan lingkungan yang optimal

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memudahkan seseorang bahkan kelompok masyarakat yang bekerja di bidang pertanian untuk mensimulasikan pertumbuhan ideal kacang kedelai dengan lingkungan yang optimal.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kacang Kedelai (*Glycine Max*)

Kedelai berupa tanaman semusim yang tegak dan merumpun, tingginya 0,2-1,5 m atau panjang maksimalnya 150 cm, kadang-kadang menjalar, berbulu kecoklat-coklatan. Akar tunggangnya bercabang-cabang, panjangnya mencapai 2 m, akar-akar sampingnya menyebar mendatar sejauh 2,5 m, pada kedalaman 10-15 cm, jika ada bakteri *Rhizobium japonicum* akan terbentuk bintil-bintil akar. Batangnya bercabang atau tidak akan mengayu.

Pertumbuhan optimum tercapai pada suhu 20-25°C. Sedangkan bunganya berwarna putih, ungu pucat atau ungu dan dapat melakukan penyerbukan sendiri (Yamaguchi, 1998). Pada pertumbuhannya, Somaatmadja (1991) mengemukakan, setelah 5-15 hari ditanam, muncullah semai. Dalam 3-10 hari kemudian keping biji terbuka, dan 3-10 hari berikutnya daun tiga yang pertama akan membuka. Di atas daun primer akan muncul 8-24 buku. Pembungaan dimulai 25 hari sampai lebih dari 150 hari setelah tanam, bergantung kepada panjangnya hari, suhu, dan kultivar. Pembungaan berlangsung selama 1-15 hari. Pembentukan polong terjadi selama 7-15 hari, pengisian biji 11-20 hari, proses penuaan sampai masa panen 7-15 hari. Daur hidup dari penyemaian sampai tua bervariasi dari 65

hari sampai 150 hari. Kedudukan tanaman kedelai dalam sistematik tumbuhan (taksonomi) diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub-divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Polypetales
Famili	: Leguminosae (Papilionaceae)
Sub-famili	: Papilionoideae
Genus	: Glycine
Species	: <i>Glycine max</i> (L.) Merili. Sinonim dengan <i>G. soya</i> (L.) Sieb & Zucc. atau <i>Soya max</i> atau <i>S. hispida</i>



Gambar 2.1 : Kacang Kedelai

Di antara antara penyakit-penyakit, karat kedelai yang disebabkan oleh *Phakopsora pachyrhizi* dapat menurunkan produksi sampai 90%.

Penyakit-penyakit berat lainnya di areal pertumbuhannya ialah bisul-bakteri, penyakit embun berbulu, antraknosa, "purple seed stain", "blight" pada polong dan batang, virus mosaik kedelai, virus mosaik kuning, dan berbagai penyakit semai. Di antara hama-hama oleh serangga, lalat biji dapat menimbulkan kerugian 100%. Pemakan polong seperti kutu penyengat, pengerek polong menimbulkan risiko yang gawat pada produksi kedelai. Nematoda juga dapat menurunkan produksi. Walaupun begitu, hanya pemberantasan secara kimia satu-satunya cara pemberantasan hama. Keadaan sosio-ekonomi dan keberadaan sumber bahan kimia merupakan pertimbangan utama dalam penerapan pemberantasan secara kimia. (Somaatmadja, 1991).

Kedelai adalah tanaman kacang-kacangan yang mana setiap 100 g bagian kedelai yang dapat dimakan mengandung 10 g air, 35 g protein, 18 g lemak, 32 g karbohidrat, 4 g serat, dan 4 g abu. Kandungan energinya rata-rata 1680 kJ per 100 g. Kisaran kandungan protein dan minyaknya masing-masing 35-54 % dan 13,3-26,7 %. Hasil tepung dari kedelai 80% dan minyak 18% (Somaatmadja, 1991), diantara kandungan-kandungan yang telah disebutkan diatas, tanaman ini dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk berbagai produk pangan segar, terfermentasi maupun kering, seperti susu, tahu, tempe, miso, yuba, kecap dan tauge. Kedelai tidak hanya merupakan pangan, tetapi juga digunakan sebagai obat untuk berbagai penyakit dan gangguan tubuh. Kedelai (terutama yang hitam) digunakan dalam pengobatan untuk memperbaiki fungsi jantung, hati, ginjal, perut dan usus. Kedelai diproses untuk diambil minyaknya sebagai pangan dan untuk berbagai

keperluan industri. Sebagai minyak sayur, kedelai memasuki pasar sebagai minyak selada, minyak goreng, margarine, dan bumbu masak. Ampas yang tersisa dan sisa setelah ekstraksi minyak masih kaya akan protein, dan terutama digunakan sebagai pakan ternak. Pemanfaatan secara modern protein kedelai dalam pangan mencakup tepung dan bubur tak-berlemak, konsentrat, isolate, tepung bertekstur dan konsentrat bertekstur (Somaatmadja, 1991). Kegunaan lain kedelai berkisar dari pakan ternak hingga berbagai macam produk industri (Yamaguchi, 1998). Limbah tanaman kedelai berupa brangkasan dapat dijadikan bahan pupuk organik penyubur tanah. Limbah dari bekas proses pengolahan kedelai, misalnya ampas tempe, ampas kecap dan lain-lain dapat dimanfaatkan untuk bahan makanan tambahan (konsentrat) pada pakan ternak, selain itu biji kedelai yang masih muda bersama polongnya digemari masyarakat sebagai kedelai rebus (Rukmana & Yuyun Yuniarsih, 1996). Di Indonesia kedelai dapat tumbuh dan bereproduksi dengan baik di dataran rendah sampai ketinggian 900 meter di atas permukaan laut (dpl). Di sentra penanaman kedelai di Indonesia pada umumnya kondisi iklim yang paling cocok adalah daerah-daerah yang mempunyai suhu antara 25°-27°C, kelembapan udara (rH) rata-rata 65%, penyinaran matahari 12 jam/hari atau minimal 10 jam/hari, dan curah hujan paling optimum antara 100-200 mm/bulan (Rukmana & Yuyun Yuniarsih, 1996). Tanaman kedelai mempunyai daya adaptasi yang luas terhadap berbagai jenis tanah. Berdasarkan kesesuaian jenis tanah untuk pertanian,

maka tanaman kedelai cocok ditanam pada jenis tanah Aluvial, Regosol, Grumosol, Latosol, dan Andosol. (Rukmana & Yuyun Yuniarsih, 1996).

2.1.1 Akar Kedelai

Susunan akar kedelai pada umumnya sangat baik. Pertumbuhan akar tunggang lurus masuk ke dalam tanah dan mempunyai banyak bercabang. Pada akar-akar cabang terdapat bintil-bintil akar berisi bakteri *Rhizobium Jafonicum*, yang mempunyai kemampuan mengikat zat lemak bebas (N_2) dari udara yang kemudian dipergunakan untuk menyuburkan tanah (AAK, 1989, p. 19). Akar tunggangnya bercabang-cabang, panjangnya mencapai 2m, akar-akar sampingnya menyebar mendatar sejauh 2,5 m, pada kedalaman 10-15 cm, jika ada bakteri *Rhizobium japonicum* akan terbentuk bintil-bintil akar. (Somaatmadja, 1991)

2.1.2 Batang Kedelai

Waktu tanaman kedelai masih sangat muda, atau setelah fase menjadi kecambah dan saat keeping biji belum jatuh, batang dapat dibedakan menjadi dua. Bagian batang di bawah keping biji yang belum bisa lepas disebut hypocotyl, sedangkan bagian di atas keeping biji disebut epycotyl. Batang kedelai tersebut berwarna ungu atau hijau (AAK, 1989). Kedelai berbatang dengan tinggi 30-100 cm. Batang dapat membentuk 3 sampai 6 cabang, tetapi bila jarak antar tanaman rapat, cabang menjadi berkurang, atau tidak bercabang sama sekali.

2.1.3 Daun Kedelai

Daunnya berselang-seling, beranak daun tiga, licin atau berbulu, tangkai daun panjang (Somaatmadja, 1991). Daun kedelai merupakan daun majemuk yang terdiri dari tiga helai anak daun dan umumnya berwarna hijau muda atau hijau kekuning-kuningan. Bentuk daun ada yang oval, juga ada yang segi tiga. Warna dan bentuk daun kedelai ini tergantung pada varietas masing-masing. Pada saat tanaman kedelai itu sudah tua, maka daun-daunnya mulai rontok (AAK, 1989). Daun ini berfungsi sebagai alat untuk proses asimilasi, respirasi, dan transpirasi. (Rukmana & Yuyun Yuniarsih, 1996)

2.1.4 Bunga Kedelai

Bunga kedelai disebut bunga kupu-kupu dan mempunyai dua mahkota dan dua kelopak bunga. Warna bunga putih bersih atau ungu muda. Bunga kedelai mempunyai 10 buah benang sari (AAK, 1989). Tanaman kedelai memiliki bunga sempurna (hermaphrodite), yakni pada tiap kuntum bunga terdapat alat kelamin betina (putik) dan kelamin jantan (benangsari). Mekarnya bunga berlangsung pada jam 08.00-09.00 dan penyerbukannya bersifat menyerbuk sendiri. Persilangan alami masih sering terjadi, namun persentasenya sangat kecil sekali. Kuntum bunga tersusun dalam rangkaian bunga, namun tidak semua bunga dapat menjadi polong (buah). Sekitar 60% bunga

akan rontok sebelum membentuk polong (Rukmana & Yuyun Yuniarsih, 1996).

2.1.5 Polong dan Biji Kedelai

Biji kedelai umumnya berbentuk bulat atau bulat-pipih sampai bulat lonjong. Warna kulit biji bervariasi antara lain kuning, hijau, coklat, atau hitam. Ukuran biji berkisar antara 6-30 gram/100 biji (Rukmana & Yuyun Yuniarsih, 1996). Banyaknya polong tergantung pada jenisnya. Ada jenis kedelai yang menghasilkan banyak polong, ada pula yang sedikit. Berat masing-masing biji pun berbeda-beda, ada yang bisa mencapai berat 50-500 gram per 1000 butir biji (AAK, 1989). Karena warna biji kedelai berbeda-beda, pada dasarnya dibedakan menjadi dua yaitu:

a. Kedelai Putih atau Kedelai Kuning

Kedelai putih membutuhkan syarat-syarat tumbuh yang lebih sukar dibandingkan dengan kedelai hitam. Di samping membutuhkan tanah yang lebih subur, kedelai putih juga menuntut pengairan dan pemeliharaan yang lebih intensif dan lebih sempurna daripada kedelai hitam. Kedelai putih kurang baik dibuat kecap dan tauco, karena kulit arinya tidak mudah lepas. Lagi pula kecap yang terbuat dari kedelai putih rasanya kurang enak. Kedelai putih harus diolah lebih dulu dengan cara merebusnya agak lama, agar kulit mudah dilepas. Sebaliknya, kedelai putih baik sekali untuk bahan pembuat tempe dan tahu.

Di samping itu kedelai putih atau kedelai kuning lebih mahal dibanding dengan kedelai hitam. Yang termasuk kedelai putih yaitu varietas Clark 63, T.K. 5, Taichung, Davros, Economic Garden, Sumbing dan sebagainya.

b. **Kedelai Hitam atau Kedelai Hijau**

Walaupun harga jualnya lebih murah, pada umumnya kedelai hitam lebih disukai oleh para petani, karena kedelai hitam tidak membutuhkan perlakuan khusus dari awal tanam hingga proses pengolahan hasil. Di samping itu kedelai hitam mudah dipasarkan, karena kedelai tersebut baik sekali untuk dibuat kecap dan tauco. Yang termasuk kedelai hitam misalnya varietas Otan No. 27. Dalam musim-musim tertentu, kedelai putih atau kedelai hijau tampak berwarna lurik. (AAK, 1989)

2.1.6 Bulu Kedelai

Semua varietas kedelai mempunyai bulu pada batang, cabang, daun dan polong-polongnya. Lebat atau tidaknya bulu serta kasar atau halusnya bulu tergantung dari varietas masing-masing. Begitu pula warna bulu berbeda-beda, ada yang berwarna coklat dan ada pula yang putih kehijauan (AAK, 1989, p. 22)

2.1.7 Varietas KABA

Dilepas tahun : 22 Oktober 2001

SK. Mentan : No. 532/Kpts/TP.240/10/2001

Nomor induk : MSC 9524-IV-C-7

Asal : Silang ganda 16 tetua

Hasil rata-rata : 2,13 t/ha

Warna hipokotil : Ungu

Warna epikotil : Hijau

Warna kotiledon : Kuning

Warna bulu : Coklat

Warna bunga : Ungu

Warna kulit biji : Kuning

Warna polong masak : Coklat

Warna hilum : Coklat

Bentuk biji : Lonjong

Tipe tumbuh : Determinit

Umur berbunga : 35 hari

Umur saat panen : 85 hari

Tinggi tanaman : 64 cm

Bobot 100 biji : 10,37 g

(Dinas Pertanian Pangan Prov. Jabar, 2013)

2.2 Penyiraman Tanaman

Tanpa air, tumbuhan tidak dapat tumbuh. Air termasuk senyawa yang dibutuhkan tumbuhan. Air sangat penting bagi pertumbuhan tumbuhan.

Tumbuhan memerlukan air untuk :

1. Menentukan laju fotosintesis
2. Sebagai medium berbagai reaksi enzimatik
3. Membantu dan mempercepat proses perkecambahan biji
4. Sebagai pelarut universal
5. Mengangkut unsur hara maupun hasil fotosintesis

Berikut adalah proses air membantu perkecambahan:

- air masuk secara imbibisi
- kulit biji menjadi lunak
- perkembangan embrio dan endosperma
- kulit biji pecah, radikula keluar

2.2.1 Kebutuhan Air Pada Tanaman Kedelai

Kebutuhan air pada tanaman adalah jumlah air yang dibutuhkan oleh tanaman pada suatu periode untuk dapat tumbuh dan produksi secara normal. Selain itu air juga digunakan untuk proses fotosintesis sehingga apabila tanaman kekurangan air maka akan mengakibatkan terhentinya pertumbuhan.

Kebutuhan air merupakan faktor yang sangat penting untuk keberlangsungan pertumbuhan kedelai saat perkecambahan. Dan kedelai membutuhkan sekitar 300-450 ml air untuk pertumbuhan. Pada

masa pembungaan dan pengisian polong kebutuhan air adalah paling besar.

2.3 Pupuk NPK

Dalam perkembangan dan pertumbuhannya, setiap tumbuhan memerlukan pupuk sebagai pendukung dalam memaksimalkan hasil pertumbuhannya. Salah satunya saja yaitu pupuk NPK, pupuk NPK adalah pupuk buatan yang berbentuk cair atau padat yang mengandung unsur hara utama nitrogen, fosfor, dan kalium. Pupuk NPK merupakan salah satu jenis pupuk majemuk yang paling umum digunakan. Ketiga unsur dalam pupuk NPK membantu pertumbuhan tanaman dalam tiga cara. Penjelasan singkatnya adalah sebagai berikut:

- N – nitrogen: membantu pertumbuhan vegetatif, terutama daun
- P – fosfor: membantu pertumbuhan akar dan tunas
- K – kalium: membantu pembungaan dan penguatan

Pupuk NPK merupakan pupuk majemuk yang mengandung unsur hara utama lebih dari dua jenis. Dengan kandungan unsur hara Nitrogen 15 % dalam bentuk NH_3 , fosfor 15 % dalam bentuk P_2O_5 , dan kalium 15 % dalam bentuk K_2O . Sifat Nitrogen (pembawa nitrogen) terutama dalam bentuk amoniak akan menambah keasaman tanah yang dapat menunjang pertumbuhan tanaman (Askari, 2010)

2.4 Metode Fuzzy

Secara umum, fuzzy logic adalah sebuah metodologi berhitung dengan variabel kata-kata atau linguistic variabel, sebagai pengganti berhitung dengan bilangan (Naba, 2009, p. 1). Himpunan *Fuzzy* adalah rentang nilai-nilai. Masing-masing nilai mempunyai derajat keanggotaan (*membership*) antara 0 sampai dengan 1. Ungkapan logika *Boolean* menggambarkan nilai-nilai “benar” atau “salah”. Logika *fuzzy* menggunakan ungkapan misalnya : “sangat lambat”, “agak sedang”, “sangat cepat” dan lain-lain untuk mengungkapkan derajat intensitasnya. Logika fuzzy adalah salah satu metode yang cocok untuk permasalahan dengan jenis peramalan atau forecasting, berikut adalah alasan mengapa menggunakan fuzzy logic (Kusumadewi, 2003).

1. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika fuzzy sangat fleksibel.
3. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.
5. Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.

6. Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami.

Konsep logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Professor Lotfi A.Zadeh dari Universitas California, pada bulan Juni 1965. Fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar – samar. Menurut Setiadji (2009 : 174), fuzzy merupakan suatu nilai yang dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Namun seberapa besar nilai kebenaran dan kesalahannya tergantung pada derajat keanggotaan yang dimilikinya. 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. Tidak seperti logika tegas, suatu nilai hanya mempunyai 2 kemungkinan yaitu merupakan suatu anggota himpunan atau tidak. Derajat keanggotaan 0 (nol) artinya nilai bukan merupakan anggota himpunan dan 1 (satu) berarti nilai tersebut adalah anggota himpunan.

Menurut Kusumadewi (2004 : 2), logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang output.

Fuzzy dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran.

2.4.1 Konsep Himpunan Fuzzy

2.4.1.1 Pengertian Himpunan Fuzzy

Pada himpunan tegas setiap elemen dalam semestanya selalu ditentukan secara tegas apakah elemen itu merupakan anggota himpunan tersebut atau tidak. Tetapi dalam kenyataannya tidak semua himpunan terdefinisi secara tegas. (Wang, 1997 : 21) Himpunan *fuzzy* A 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 di dalam A . Suatu himpunan *fuzzy* A dapat dinyatakan dengan dua cara, yaitu :

$$a. = \int_U \mu_A(x) / x$$

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

$$b. = \sum_U \mu_A(x) / x$$

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.

Menurut Kusumadewi (2004 : 6), himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu:

- a) Linguistik, yaitu penamaan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: LAMBAT, SEDANG, CEPAT.
- b) Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti: 40, 50, 60, dan sebagainya.

Hal – hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

a) Variabel Fuzzy

Variabel fuzzy merupakan variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem fuzzy, seperti: umur, berat badan, tinggi badan, dan sebagainya.

b) Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

c) Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

d) Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

2.4.1.2 Fungsi Keanggotaan

Definisi 2.4 (Klir, 1997 : 75) 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. Fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* A di dalam semesta X dapat ditulis:

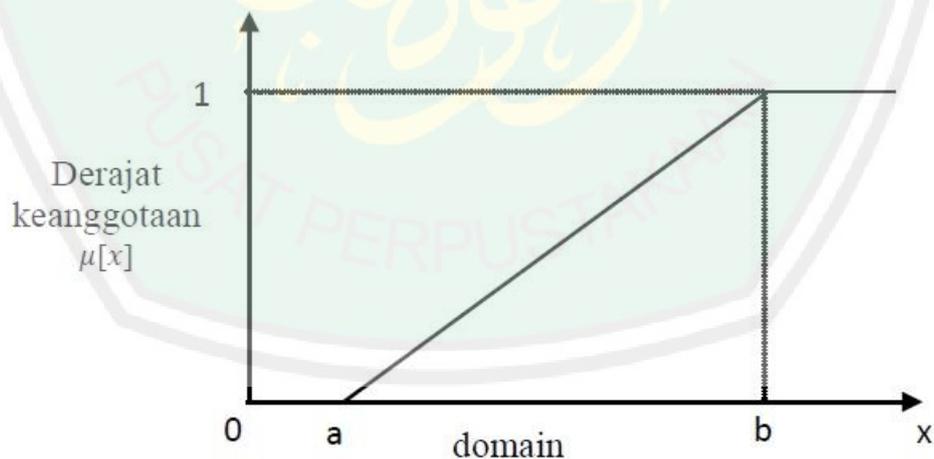
$$A: X \rightarrow [0,1].$$

Menurut Kusumadewi (2004 : 8), fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik – titik input data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1.

Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan. diantaranya, yaitu:

a. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Ada dua keadaan himpunan *fuzzy* linear, yaitu linear naik dan linear turun. Representasi himpunan *fuzzy* linear naik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 : Representasi Linear Naik

Fungsi Keanggotaan:

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

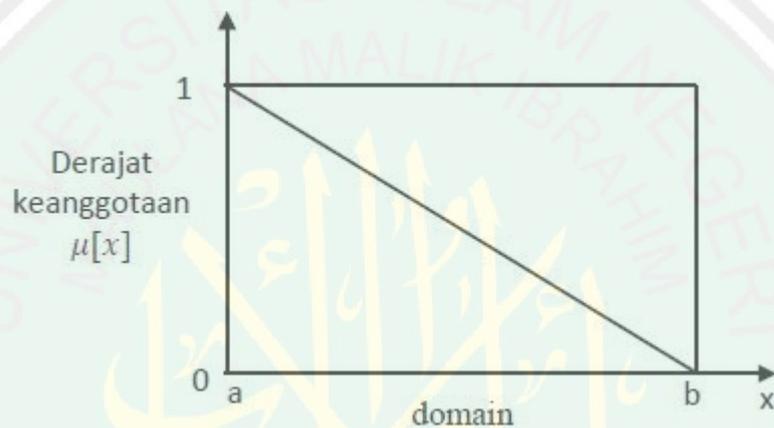
Keterangan:

a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

x = nilai input yang akan di ubah ke dalam bilangan *fuzzy*

Representasi himpunan *fuzzy* linear turun seperti yang ditunjukkan pada gambar :



Gambar 2.3 : Representasi Linear Turun

Fungsi Keanggotaan:

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

Keterangan:

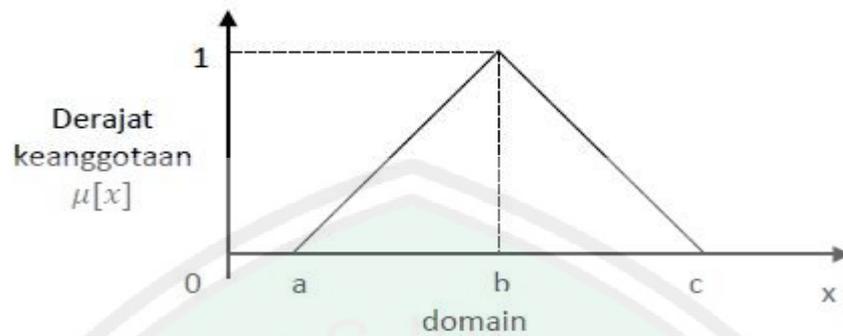
a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai input yang akan di ubah ke dalam bilangan fuzzy

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (linear) seperti terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 : Representasi Kurva Segitiga

Fungsi Keanggotaan:

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

Keterangan:

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

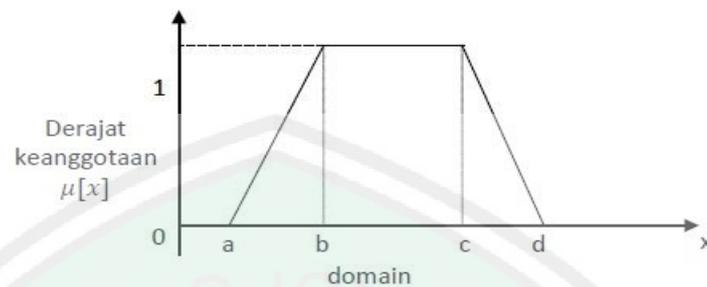
b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai input yang akan di ubah ke dalam bilangan *fuzzy*

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva Trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga karena merupakan gabungan antara dua garis (linear), hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Representasi kurva trapesium ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 : Representasi Kurva Trapesium

Fungsi Keanggotaan:

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

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

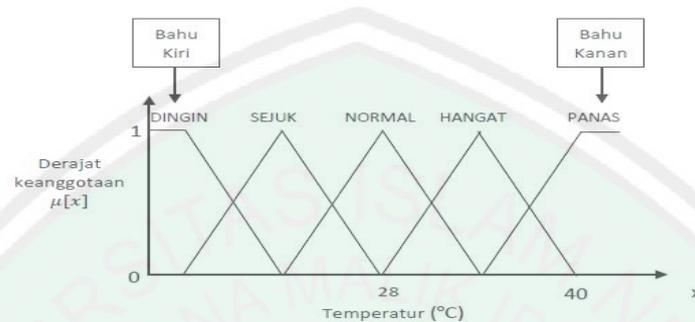
d = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai input yang akan di ubah 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.

Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar.



Gambar 2.6 : Representasi Kurva Bahu

2.4.1.3 Operasi Himpunan Fuzzy

Seperti halnya himpunan bilangan tegas, 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

Menurut Wang (1997 : 29), 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 (intersection) 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.

2.4.1.4. Fungsi Implikasi

Tiap – tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy*. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah:

$$IF\ x\ is\ A\ THEN\ y\ is\ B$$

dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Proposisi yang mengikuti *IF* disebut sebagai anteseden, sedangkan proporsi yang mengikuti *THEN* 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:

$$\alpha_i \cap \mu_c (Z)$$

dimana

$$\alpha_i = (x) \cap (x) = \min \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \}$$

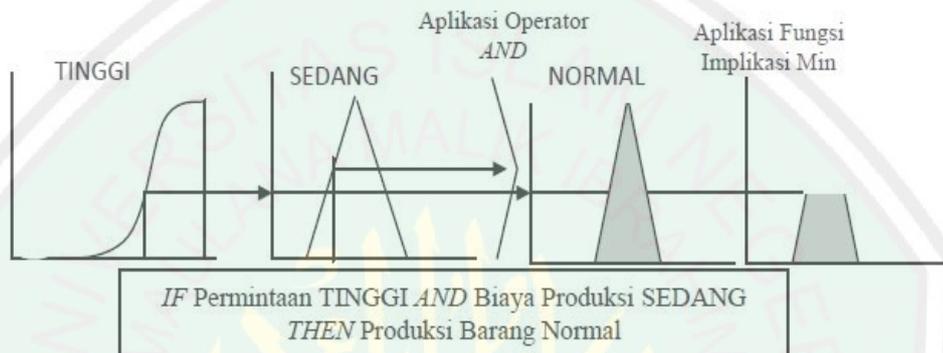
Keterangan:

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

$\mu_A(x)$ = derajat keanggotaan x dari himpunan *fuzzy* A

$\mu_B(x)$ = derajat keanggotaan x dari himpunan *fuzzy* B

Contoh penggunaan fungsi min untuk kasus produksi barang seperti terlihat pada gambar di bawah.



Gambar 2.7 : Fungsi Implikasi MIN

b) Dot (product)

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

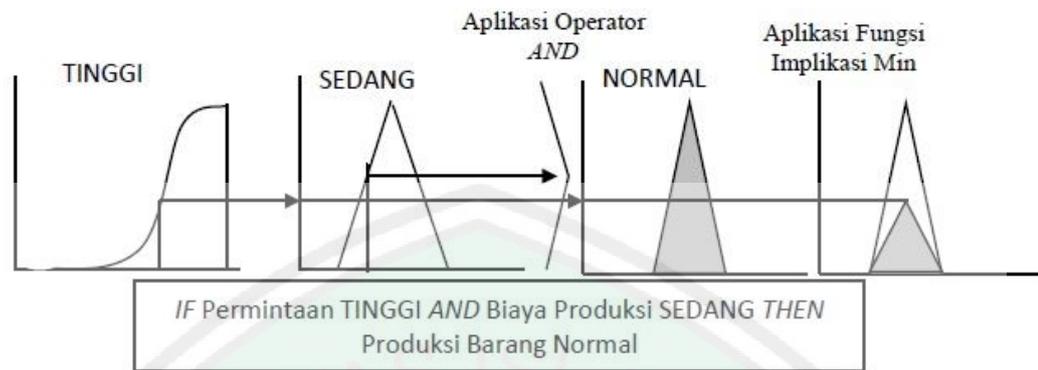
$$\alpha_i \cdot \mu_C(Z)$$

Keterangan:

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

$\mu_C(x)$ = derajat keanggotaan konsekuen pada himpunan *fuzzy* C

Contoh penggunaan fungsi dot pada kasus produksi barang seperti terlihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 : Fungsi Implikasi DOT

2.4.2 Sistem Berbasis Aturan Fuzzy

Pendekatan logika *fuzzy* diimplementasikan dalam tiga tahapan, yakni: fuzzyfikasi, evaluasi rule (inferensi), dan defuzzifikasi.

Tahapan sistem berbasis aturan *fuzzy*

1. Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi merupakan fase pertama dari perhitungan *fuzzy*, yaitu mengubah masukan - masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti ke dalam bentuk *fuzzy* input yang berupa tingkat keanggotaan atau tingkat kebenaran. Dengan demikian, tahap ini mengambil nilai-nilai crisp dan menentukan derajat di mana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan *fuzzy* yang sesuai.

2. Inferensi

Inferensi adalah melakukan penalaran menggunakan *fuzzy* input dan *fuzzy* rules yang telah ditentukan sehingga menghasilkan *fuzzy* output. Secara sintaks, suatu *fuzzy* rule (aturan *fuzzy*) dituliskan sebagai berikut:

IF antecedent THEN consequent

3. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah mengubah *fuzzy* output menjadi nilai tegas berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Defuzzifikasi merupakan metode yang penting dalam pemodelan sistem *fuzzy*. (Wulandari, 2011)

2.5 Metode Mamdani

Salah satu aplikasi logika *fuzzy* yang telah berkembang amat luas dewasa ini adalah sistem inferensi *fuzzy* (*Fuzzy Inference System / FIS*), yaitu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* berbentuk *IFTHEN* dan penalaran *fuzzy*. Misalnya dalam penentuan status gizi, produksi barang, sistem pendukung keputusan, penentuan kebutuhan kalori harian, dan sebagainya. Ada tiga metode dalam sistem inferensi *fuzzy* yang sering digunakan, yaitu metode Tsukamoto, metode Mamdani, dan metode Takagi Sugeno. Dalam penelitian ini akan dibahas penentuan status gizi menggunakan metode Mamdani. Sistem ini berfungsi untuk mengambil keputusan melalui proses tertentu dengan mempergunakan aturan inferensi berdasarkan logika *fuzzy*. Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan (Purnomo, 2004):

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*
2. Aplikasi fungsi implikasi (aturan)

3. Komposisi aturan

4. Penegasan (defuzzy)

Dengan penjelasan sebagai berikut :

1. Pembentukan himpunan fuzzy

Pada Metode Mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

2. Aplikasi fungsi implikasi

Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

3. Komposisi Aturan

Tidak seperti penalaran monoton, 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: max, additive dan probabilistik OR (probor).

a. Metode Max (Maximum)

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 (union). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan:

$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i])$ dengan:

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

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

Misalkan ada 3 aturan (proposisi) sebagai berikut:

[R1] IF Biaya Produksi RENDAH And Permintaan NAIK
THEN Produksi Barang BERTAMBAH;

[R2] IF Biaya Produksi STANDAR
THEN Produksi Barang NORMAL;

[R3] IF Biaya Produksi TINGGI And Permintaan TURUN
THEN Produksi Barang BERKURANG;

b. Metode Additive (Sum)

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

Secara umum dituliskan:

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

dengan:

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

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

c. Metode Probabilistik OR (probor)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan product terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow (\mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) - (\mu_{sf}[x_i] * \mu_{kf}[x_i])$$

dengan:

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

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

4. Penegasan (defuzzy)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output. Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan MAMDANI, antara lain:

a. Metode Centroid (Composite Moment)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah fuzzy.

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.

c. Metode Mean of Maximum (MOM)

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

d. Metode Largest of Maximum (LOM)

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

e. Metode Smallest of Maximum (SOM)

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

Kelebihan FIZ tipe Mamdani:

1. Bersifat intuitif
2. Diterima secara luas
3. Sangat cocok diberi human input (Naba, 2009)

2.6 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode itu. Kemudian, merata-rata kesalahan persentase absolut tersebut. Pendekatan ini berguna ketika ukuran atau besar variabel ramalan itu penting dalam mengevaluasi ketepatan ramalan. MAPE mengindikasikan seberapa besar kesalahan dalam meramal yang dibandingkan dengan nilai nyata (Pradhana, 2013). Nilai error rate dihitung dengan rumus *MAPE (The Mean Absolute Percentage Error)* :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Y_t - Y'_t|}{Y_t} * 100\%$$

Dengan

n : Jumlah data

y'_t : data hasil perhitungan fuzzy ke-i

y_t : data lapangan ke-i

2.7 XL-System

Bahasa pemrograman XL ditemukan pertama kali oleh Robert W. Floyd pada tahun 1978. Bahasa pemrograman XL didefinisikan sebagai perkembangan dari bahasa pemrograman Java. Jadi bahasa pemrograman XL berawal dari konsep terstruktur, pemrograman modular dan berorientasi pada objek yang merupakan dasar dari pemrograman java. L-System atau Lindenmayer System dikemukakan pertama kali pada tahun 1968 oleh Aristid Lindenmayer dalam pengungkapan teori matematika untuk pengembangan tanaman (Lindenmayer, A dan Prusinkiewiez, 1990) . Smith menggunakan Lindemayer Sistem sebagai metoda untuk menyusun grafika komputer dalam menghasilkan morfologi tanaman.

2.8 GroIMP

GroIMP (Growth Grammar-related Interactive Modelling Platform). Seperti namanya, groIMP merupakan software yang digunakan sebagai modeling-3D yang memiliki beberapa fitur diantaranya (O. Kniemeyer, 2007) :

a) Interaktif dalam mengedit adegan.

- b) Kaya set objek 3D, mudah dimengerti bagi orang awam.
- c) Banyak pilihan seperti warna dan tekstur.
- d) Seperti waktu sebenarnya menggunakan OpenGL.
- e) Bisa di eksport ke POV-Ray, dengan tambahan ray-tracer.
- f) Bisa di eksport ke DXF, sebagian bisa di eksport ke VRML/3XD.
- g) Built-in raytracer Twilight merender adegan



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Pada pembuatan simulasi tanaman kedelai menggunakan metode Fuzzy Mamdani ini, tahapan yang pertama dilakukan adalah penelitian terkait bagaimana pertumbuhan tanaman kedelai berdasarkan intensitas penyiraman dan pemupukan. Penjelasan lebih lanjut, dipaparkan dalam tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Survei lapangan

Survei lapangan dilakukan dengan cara melakukan pengamatan pada Balitkabi, Badan Penelitian Kacang-kacang dan dan Umbi-umbian Malang, yang terletak di daerah Kendalpayak. Di Balitkabi, peneliti mengajukan permohonan benih kacang kedelai jenis Kaba. Tak hanya itu, di sana dapat dilakukan pengamatan lapangan di habitat asli kacang kedelai untuk memperoleh gambaran nyata tentang karakteristik tumbuhnya Selain itu, survei lapangan dilakukan di halaman mini percobaan penanaman kacang kedelai di daerah Tlogomas Malang.

2. Studi literatur

Mencari dan mempelajari teori-teori terkait penelitian tentang budidaya kacang kedelai, intensitas penyiraman dan pemupukan tanaman, Metode Fuzzy Mamdani, dan simulasi tanaman dengan menggunakan

software GromIMP XL-System berupa jurnal, *e-book*, buku, artikel, makalah, dan jenis referensi.

3. Persiapan lahan dan tanaman

Mempersiapkan lahan yang digunakan untuk penanaman kacang kedelai termasuk kesiapan penanaman, mempersiapkan bibit dan melakukan penanaman serta mengambil data yang digunakan untuk sampel dalam proses pemodelan simulasi dalam GroIMP.

4. Observasi dan pengumpulan data

Observasi terhadap pertumbuhan kacang kedelai dengan memberikan perlakuan kacang kedelai, melakukan pengamatan dan pengukuran terhadap pertumbuhan tinggi tanaman kedelai, banyak daun dan banyak cabang kacang kedelai.

5. Analisis data

Melakukan analisis data yang diperoleh dari pengamatan langsung dalam penelitian maupun studi literatur meliputi data tentang pertumbuhan tanaman kacang kedelai, metode fuzzy Mamdani dan pemodelan berbasis *XL-System*.

6. Perancangan dan pembuatan program simulasi

Merancang dan membuat program simulasi pertumbuhan kacang kedelai dengan software GroIMP.

7. Uji coba dan evaluasi program

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

8. Pembuatan Laporan Tugas Akhir

Pembuatan laporan akhir berdasarkan data penelitian yang telah dilakukan di lapangan terkait pertumbuhan kedelai.

3.1.1 Objek Penelitian

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Sub-divisi : Angiospermae

Kelas : Dicotyledonae

Ordo : Polypetales

Famili : Leguminosae (Papilionaceae)

Sub-famili : Papilionoideae

Genus : Glycine

Species : *Glycine max* (L.) Merili. Sinonim dengan

G. soya (L.) Sieb & Zucc. atau *Soya max*

atau *S. hispida*

3.1.2 Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah intensitas penyiraman dengan intensitas pemupukan yang berbeda.
- b. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedelai yang meliputi tinggi tanaman, dan banyak daun kacang kedelai.

3.1.3 Tempat dan Waktu

Tempat penelitian pertumbuhan kacang kedelai yaitu di daerah TlogoMas, Perum Bukit Permata Hijau, dengan waktu penelitian terhitung dari 16 Desember 2013 hingga tanggal 13 Februari 2014.

3.1.4 Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- a. Gayung
- b. Penggaris
- c. Pot berjumlah 10 buah dengan diameter 35 cm
- d. Gunting

Sedangkan bahan yang digunakan :

- a. Tanah Humus
- b. Kedelai Varietas Kaba
- c. Pupuk NPK
- d. Obat Penyemprot hama

- e. Gabus
- f. Plastik hitam
- g. Isolasi hitam (Lakban)

3.2 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

3.2.1 Persiapan Lahan

Proses persiapan lahan yang akan ditanam kacang kedelai dilakukan dengan menyiapkan pot-pot yang nantinya akan ditanam kacang kedelai. :

Tabel 3.1 Pola Lahan Penanaman

Penyiraman	1 hari sekali	3 hari sekali	6 hari sekali	9 hari sekali	12 hari sekali
Pemupukan					
Satu Kali (A)	A1	A2	A3	A4	A5
	A1	A2	A3	A4	A5
	A1	A2	A3	A4	A5
	A1	A2	A3	A4	A5
Dua Kali (AB)	AB1	AB2	AB3	AB4	AB5
	AB1	AB2	AB3	AB4	AB5
	AB1	AB2	AB3	AB4	AB5
	AB1	AB2	AB3	AB4	AB5

Media yang digunakan untuk menanam kacang kedelai adalah media pot berwarna hitam yang memiliki diameter 35 cm, yang berjumlah 10 buah dengan maksud bahwa ada 10 perlakuan yang berbeda untuk mengetahui intensitas penyiraman dan intensitas pemupukan yang berbeda. Di mana setiap pot ada 4 ulangan atau 4 tanaman untuk setiap masing-masing perlakuan.

Seperti yang tertera pada bagan di atas, bahwa A1 adalah tanaman dengan perlakuan dengan penyiraman sehari sekali dan pemupukan sekali saja yaitu pada saat penanaman, sedang A2 adalah tanaman dengan penyiraman 3 hari sekali dan pemupukan sekali saja yaitu pada saat penanaman, A3 adalah perlakuan dengan penyiraman 6 hari sekali dan pemupukan sekali saja yaitu pada saat penanaman, A4 adalah perlakuan dengan penyiraman 9 hari sekali dan pemupukan sekali saja yaitu pada saat penanaman, dan A5 adalah perlakuan dengan penyiraman 12 hari sekali dan pemupukan sekali saja yaitu pada saat penanaman. Untuk perlakuan berikutnya yaitu AB1 adalah perlakuan dengan penyiraman sehari sekali dan pemupukan dua kali saat memasuki minggu kelima, sedang AB2 adalah tanaman dengan penyiraman 3 hari sekali dan pemupukan dua kali, AB3 adalah tanaman dengan perlakuan dengan penyiraman 6 hari sekali dan pemupukan dua kali, AB4 adalah tanaman dengan penyiraman 9 hari sekali dan pemupukan dua kali dan yang terakhir adalah AB5 adalah perlakuan dengan penyiraman 12 hari sekali dan pemupukan dua kali.

Selanjutnya hal yang dilakukan adalah menyiapkan pot-pot yang mana untuk setiap bagian bawah pot yang terdapat lubang ditutup dengan gabus agar air masih tertampung dalam pot. Pot-pot yang akan digunakan untuk menanam tanaman kedelai berjumlah 40 biji ini mula-mula diisi dengan tanah humus yang unsur haranya ideal untuk menanam. Setelah itu, humus yang sudah dituangkan dalam pot, diberi

beberapa butiran pupuk NPK pada bagian atas pot yang bersebelahan dengan letak penanaman biji tanaman kacang kedelai. Kemudian barulah biji kedelai dapat ditanam dalam pot-pot tersebut. Pemberian pupuk NPK pada masing-masing tanaman kedelai adalah 2,3 gram, dengan perhitungan sebagai berikut:

- 1 hektar = $10.000 \text{ m}^2 = 100.000.000 \text{ cm}^2$
- Sehingga perbaris / panjang salah satu sisi lahan = 10.000 cm
- Jarak normal antar tanaman = 30 cm x 30 cm
- Banyaknya pot adalah $10.000 \text{ cm} : 30 \text{ cm} = 333,3$ (dibulatkan menjadi 333 pot)
- Jumlah tanaman dalam 1 hektar $333 \text{ pot} \times 333 \text{ pot} = 110889$ tanaman
- Dosis = 250 kg/Ha: 110.889
 $= 250.000 \text{ gr} : 110.889$
 $= 2,3 \text{ gram}$

Selain pada variabel di atas yang menjadi faktor pertumbuhan tanaman kedelai, maka untuk faktor pertumbuhan tanaman lainnya, dianggap ideal dengan penjelasan sebagai berikut:

A. Faktor Internal

Varietas yang digunakan adalah varietas kaba.

B. Faktor Eksternal

a. Cahaya

Untuk penyinaran matahari 12 jam/hari atau minimal 10 jam/hari.

b. Air

Pada umumnya kebutuhan air pada tanaman kedelai berkisar 350 – 450 mm selama masa pertumbuhan kedelai.

c. Kelembapan

Kelembaban udara rata-rata 65 %

d. Suhu

Suhu Tanaman kedelai dapat tumbuh pada kondisi suhu yang beragam. Suhu tanah yang optimal dalam proses perkecambahan yaitu 30°C. Suhu lingkungan optimal untuk pembungaan bunga yaitu 24 -25°C.

e. Tanah

Pada dasarnya kedelai menghendaki kondisi tanah yang tidak terlalu basah, tetapi air tetap tersedia. Pada percobaan ini, tanah yang dipakai adalah tanah humus. Kedelai dapat tumbuh baik pada berbagai jenis tanah, asal drainase dan aerasi tanah cukup baik. pH tanah 5,8 – 7 dan ketinggian kurang dari 600 m dari permukaan laut.

3.2.2 Penyiapan Bibit Tanaman

Bibit tanaman kedelai Kaba didapat dengan pengajuan benih kepada Balitkabi (Badan Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-

umbian) di daerah Kendalpayak, Malang. Biji kacang kedelai yang digunakan untuk penelitian didapat dengan menyerahkan surat penelitian permohonan benih.



Gambar 3.1 Permohonan Benih

3.2.3 Penanaman dan Pemeliharaan

Penanaman kedelai dengan 10 perlakuan, seperti yang tertera pada tabel di atas, dengan membedakan masing-masing pot dengan 10 perlakuan yang berbeda.

a. Penanaman Bibit

Sebelum biji bakal tanaman kedelai disebar, pot diberi tanah humus dan pupuk NPK, kemudian masing-masing pot ditanam biji kedelai dengan 4 kutub yang saling berlawanan, sehingga masing-masing pot tumbuh 4 tanaman kedelai dengan perlakuan yang sama. Setelah bibit ditanam, keempat kutub tadi ditutup kembali dengan tanah dan disiram dengan air masing-masing satu gayung. Dengan perlakuan intensitas penyiraman, guna menghindari air hujan yang masuk ke dalam pot, maka masing-masing pot kecuali untuk pot A1 dan AB1 ditutup plastik hitam

besar dan direkatkan dengan lakban guna mencegah air yang masuk, sebab A1 dan AB1 disiram setiap hari dengan mengandalkan air hujan. Selanjutnya pot-pot tersebut diletakkan di halaman depan agar terkena penyinaran matahari yang cukup.



Gambar 3.2 Penanaman Bibit

b. Pemeliharaan tanaman

Pemeliharaan tanaman meliputi pemupukan, penyiraman dan penyiangan tanaman, secara rinci dijelaskan sebagai berikut:

1. Penyiraman

Penyiraman tanaman kedelai dilakukan terkait dengan pembeda perlakuan yang mana ada lima jenis perlakuan penyiraman yang berbeda, untuk pot A1 dan AB1 disiram setiap hari yang mana untuk kedua pot ini tidak ditutup plastik besar, sehingga penyiramannya mengandalkan penyiraman

dari air hujan, sedangkan untuk pot A2 dan AB2 disiram setiap 3 kali sehari, untuk pot A3 dan AB3 disiram setiap 6 hari sekali, sedang pot A4 dan AB4 disiram setiap 9 hari sekali dan yang terakhir adalah pot A5 dan AB5 yang mana mendapat penyiraman setiap 12 hari sekali. Penyiraman ini dilakukan gayung untuk setiap pot masing-masing air sebanyak satu gayung dan ketika menyiram membuka plastik yang sebelumnya direkatkan dengan lakban.

2. Penyiangan Tanaman

Penyiangan tanaman dilakukan dengan cara pencabutan rumput atau gulma langsung di sekitar tanaman kacang kedelai.

3.3 Pengambilan Data

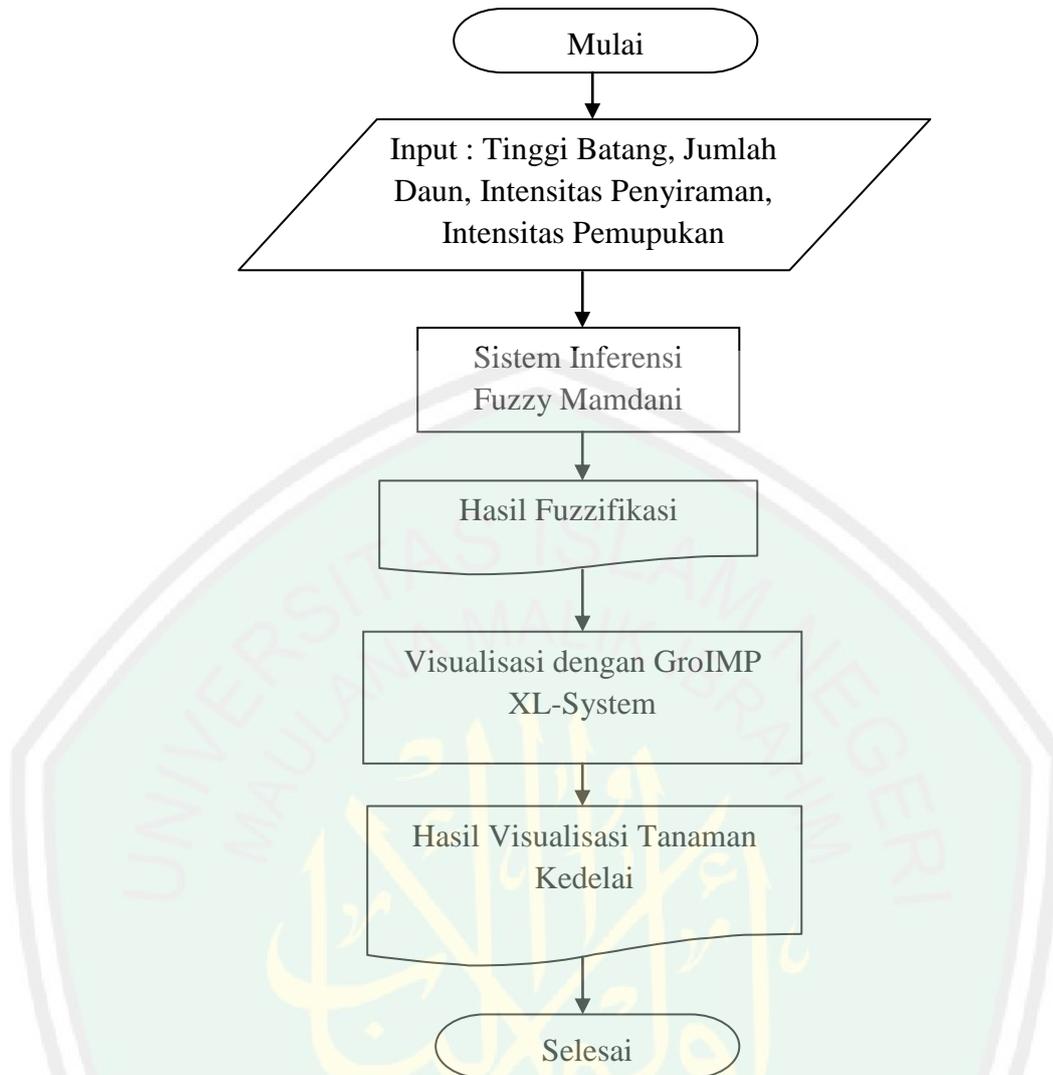
Pengamatan dan pengambilan data disini dengan mengamati perubahan masing-masing perlakuan dengan intensitas penyiraman dan pemupukan yang berbeda, dengan cara mengukur panjang tanaman kedelai per tiga hari sekali dengan menggunakan penggaris, serta menghitung banyak cabang dan daun tanaman kedelai. Data morfologi tanaman kacang kedelai berupa tinggi tanaman dan banyak daun tadi selanjutnya digunakan sebagai nilai inputan dalam metode Fuzzy Mamdani, sehingga akan dihasilkan output berupa simulasi tanaman kedelai berdasarkan intensitas penyiraman dan intensitas pemupukan. Dari masing-masing pot atau masing-masing perlakuan tanaman akan diambil nilai rata-rata dari tinggi

tanaman dan banyak daun kacang kedelai. Umur tanaman ini dibatasi sampai dengan umur enam minggu sejak masa penanaman.

3.4 Desain Sistem dan Diagram Alur

Pada tahapan desain sistem pada pembuatan program kali ini dibagi menjadi beberapa bagian yaitu input atau masukan, proses pengolahan input dan output. Input dari sistem ini berupa data hasil penelitian atau pengamatan terkait morfologi tanaman kacang kedelai, yang dibatasi oleh tinggi tanaman, jumlah daun dan jumlah cabang, selanjutnya inputan ini diolah menggunakan metode Fuzzy Mamdani sehingga nantinya dihasilkan output berupa simulasi tanaman kedelai berdasarkan kombinasi intensitas penyiraman dan intensitas pemupukan.

Desain sistem dalam program simulasi pertumbuhan ideal tanaman kedelai berdasarkan intensitas penyiraman dan intensitas pemupukan adalah sistem Fuzzy Mamdani yang diproses dalam software bernama GroIMP berbasis *XL-system* sebagai sistem simulasi pertumbuhannya. Dalam penelitian ini, alur sistem atau flowchart dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



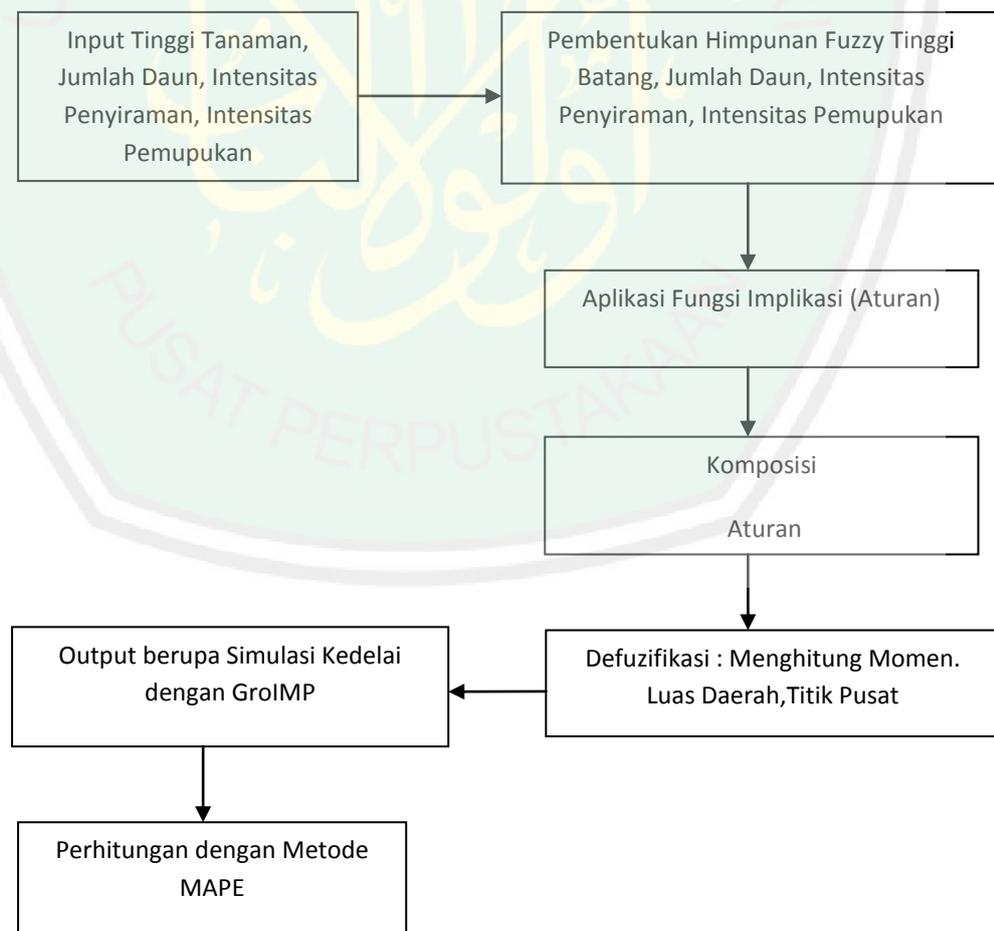
Gambar 3.3 Flowchart Simulasi Tanaman Kacang Kedelai

Dalam pengolahan program simulasi ini, inputan atau masukan yang digunakan dalam proses penghitungan fuzzy Mamdani adalah intensitas penyiraman dengan lima perlakuan berbeda dan intensitas pemupukan dengan dua perlakuan berbeda sehingga mendapat sepuluh perlakuan yang mana data hasil morfologi tanaman berupa data tinggi tanaman dan banyak daun diperhitungkan pula sebagai inputan pemroses metode Fuzzy Mamdani.

Langkah Fuzzifikasi, dijelaskan dalam 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 3.4 Blok Diagram Fuzzy Mamdani

Dalam desain pada gambar 3.4, dapat dibagi menjadi 3 bagian utama, yaitu masukan, proses dan keluaran.

3.4.1 Masukan

Masukan dari sistem ini adalah tinggi batang tanaman, jumlah daun tanaman, intensitas penyiraman, dan intensitas pemupukan

3.4.2 Proses

Data input kemudian diproses dengan menggunakan fuzzy Mamdani, dimana dalam fuzzy Mamdani terdapat beberapa langkah yang dibagi menjadi proses pembentukan himpunan Fuzzy, Menentukan Aturan Fuzzy, Fungsi Implikasi Aturan Fuzzy dengan Fungsi Min, Komposisi Antar Aturan dengan Fungsi Max, Menentukan Fungsi Keanggotaan dari Hasil Komposisi Tinggi Batang dan Jumlah Daun, selanjutnya Proses Defuzifikasi yang meliputi Menentukan Momen Untuk Setiap Daerah, Menentukan Luas Daerah, Menentukan Tinggi Batang dan Jumlah Daun,.

3.4.2.1 Pembentukan Himpunan Fuzzy

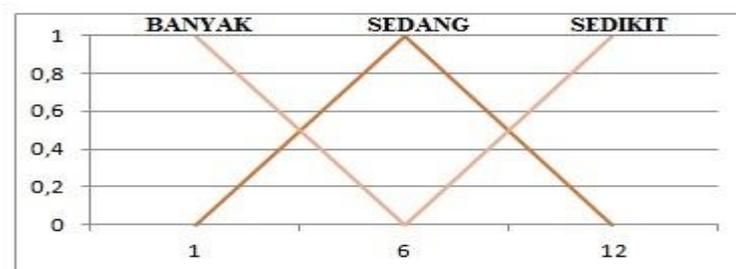
A. Intensitas Penyiraman

Dalam pembentukan himpunan Fuzzy, langkah yang disusun adalah pembentukan himpunan Fuzzy. Variabel intensitas penyiraman (c) dibagi menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu sedikit, sedang, dan banyak. Himpunan intensitas penyiraman banyak direpresentasikan dalam kurva linear turun dengan domain 1 kali

sehari dan 6 hari sekali, dengan maksud bahwa himpunan intensitas penyiraman banyak memiliki domain bahwa tanaman yang disiram sebanyak 1 kali sehari atau disiram setiap hari dan tanaman yang disiram 6 hari sekali dengan derajat keanggotaan banyak tertinggi (=1) terletak pada nilai 1 kali. Himpunan intensitas penyiraman sedang direpresentasikan dalam kurva segitiga dengan domain 1 kali sehari hingga 12 hari sekali dan derajat keanggotaan sedang tertinggi pada nilai 6 kali sehari. Himpunan intensitas penyiraman sedikit direpresentasikan dalam kurva linear naik dengan domain 6 hari sekali hingga 12 hari sekali dan derajat keanggotaan sedikit tertinggi pada nilai 12 hari sekali. Pembagian himpunan dan domain intensitas pencahayaan diperlihatkan pada tabel 3.2 :

Tabel 3.2 Himpunan dan Domain Intensitas Penyiraman (s)

Himpunan	Domain
Banyak	[1, 6]
Sedang	[1,6,12]
Sedikit	[6,12]



Gambar 3.5 Fungsi Keanggotaan Variabel Intensitas Penyiraman (s)

Fungsi derajat keanggotaan masing-masing himpunan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

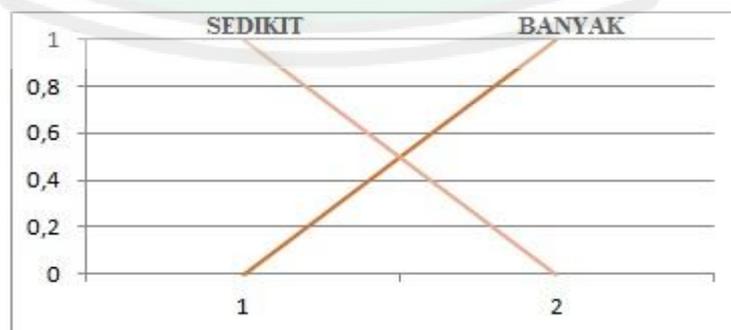
$$\mu_{s \text{ BANYAK}}[s] = \begin{cases} 1; & s \leq 1 \\ (6 - s)/(6 - 1); & 1 < s < 6 \\ 0; & s \geq 6 \end{cases}$$

$$\mu_{s \text{ SEDANG}}[s] = \begin{cases} 0; & s \leq 1 \text{ atau } s \geq 12 \\ (s - 1)/(6 - 1); & 1 < s < 6 \\ (12 - s)/(12 - 6); & 6 \leq s \leq 12 \end{cases}$$

$$\mu_{s \text{ SEDIKIT}}[s] = \begin{cases} 0; & s \leq 6 \\ (s - 6)/(12 - 6); & 6 < s < 12 \\ 1; & s \geq 12 \end{cases}$$

B. Intensitas Pemupukan

Variabel intensitas pemupukan (p) dibagi menjadi 2 himpunan fuzzy, yaitu sedikit dan banyak. Intensitas pemupukan 2 kali sebagai representasi himpunan banyak dan tanaman dengan intensitas penyiraman 1 kali sehari sebagai representasi himpunan sedikit,.



Gambar 3.6 Fungsi Keanggotaan Variabel Intensitas Pemupukan (p)

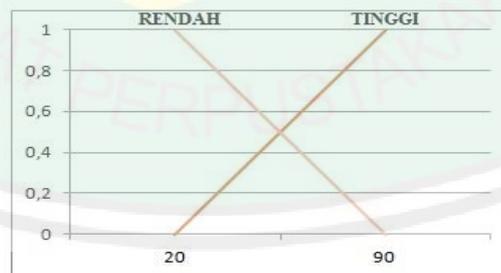
Fungsi keanggotaan intensitas pemupukan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\mu_p \text{ SEDIKIT } [p] = \begin{cases} 1; & p \leq 1 \\ (2 - p)/(2 - 1); & 1 < p < 2 \\ 0; & p \geq 2 \end{cases}$$

$$\mu_p \text{ BANYAK } [p] = \begin{cases} 0; & p \leq 1 \\ (p - 1)/(2 - 1); & 1 < p < 2 \\ 1; & p \geq 2 \end{cases}$$

C. Tinggi Tanaman

Variabel tinggi tanaman (t) dibagi menjadi 2 himpunan fuzzy, yaitu rendah dan tinggi. Tinggi tanaman tertinggi 90 cm digunakan sebagai representasi himpunan tinggi yang digambarkan dengan representasi linear naik dan tinggi tanaman 20 cm sebagai representasi himpunan rendah.



Gambar 3.7 Fungsi Keanggotaan Variabel Tinggi Tanaman (t)

Fungsi keanggotaan tinggi tanaman kacang kedelai dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\mu_{t \text{ RENDAH}} [t] = \begin{cases} 1; & t \leq 20 \\ (90 - t)/(90 - 20); & 20 < t < 90 \\ 0; & t \geq 90 \end{cases}$$

$$\mu_{t \text{ TINGGI}} [t] = \begin{cases} 0; & t \leq 20 \\ (t - 20)/(90 - 20); & 20 < t < 90 \\ 1; & t \geq 90 \end{cases}$$

D. Daun Tanaman

Variabel daun tanaman (d) dibagi menjadi 2 himpunan fuzzy, yaitu sedikit dan banyak. Jumlah daun paling banyak yaitu 80 digunakan sebagai representasi himpunan banyak dan jumlah daun sebanyak 4 digunakan sebagai representasi himpunan sedikit.



Gambar 3.8 Fungsi Keanggotaan Variabel Jumlah Daun Tanaman (d)

Fungsi keanggotaan tingi tanaman kacang kedelai dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\mu_{d \text{ SEDIKIT}} [d] = \begin{cases} 1; & d \leq 4 \\ (80 - d)/(80 - 4); & 4 < d < 80 \\ 0; & d \geq 80 \end{cases}$$

$$\mu_{d \text{ BANYAK}} [d] = \begin{cases} 0; & d \leq 4 \\ (d - 4)/(80 - 4); & 4 < d < 80 \\ 1; & d \geq 80 \end{cases}$$

3.4.2.2 Fungsi Implikasi Aturan Fuzzy

Pembentukan aturan fuzzy secara umum dibuat pakar secara intuitif dalam pernyataan kualitatif yang ditulis dalam bentuk IF - THEN dan operator yang digunakan adalah AND.

Tabel 3.3 Pembentukan Aturan Fuzzy Mamdani

No.	Perlakuan		Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun
	Penyiraman	Pemupukan		
1	Sedikit	Sedikit	Rendah	Sedikit
2	Sedikit	Banyak	Rendah	Sedikit
3	Sedang	Sedikit	Rendah	Banyak
4	Sedang	Banyak	Tinggi	Banyak
5	Banyak	Sedikit	Tinggi	Banyak
6	Banyak	Banyak	Tinggi	Banyak

Aplikasi fungsi implikasi

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

[R1] Jika Siram **sedikit** dan Pupuk **sedikit** maka tinggi tanaman rendah and jumlah daun sedikit.

$$\alpha - prediket_1 = \min(\mu_s \text{ SEDIKIT} : \mu_p \text{ SEDIKIT})$$

[R2] Jika Siram **sedikit** dan Pupuk **banyak** maka tinggi tanaman rendah and jumlah daun sedikit.

$$\alpha - prediket_2 = \min(\mu_s \text{ SEDIKIT} : \mu_p \text{ BANYAK})$$

[R3] Jika Siram **sedang** dan Pupuk **sedikit** maka tinggi tanaman rendah and jumlah daun banyak.

$$\alpha - prediket_3 = \min(\mu_s \text{ SEDANG} : \mu_p \text{ SEDIKIT})$$

[R4] Jika Siram **sedang** dan Pupuk **banyak** maka tinggi tanaman tinggi and jumlah daun banyak.

$$\alpha - prediket_4 = \min(\mu_s \text{ SEDANG} : \mu_p \text{ BANYAK})$$

[R5] Jika Siram **banyak** dan Pupuk **sedikit** maka tinggi tanaman tinggi and jumlah daun banyak.

$$\alpha - prediket_5 = \min(\mu_s \text{ BANYAK} : \mu_p \text{ SEDIKIT})$$

[R6] Jika Siram **banyak** dan Pupuk **banyak** maka tinggi tanaman tinggi and jumlah daun banyak.

$$\alpha - prediket_6 = \min(\mu_s \text{ BANYAK} : \mu_p \text{ BANYAK})$$

3.4.2.3 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:

a. Variabel output tinggi batang tanaman.

- Nilai keanggotaan himpunan rendah (α_1)

$$\alpha_1 \text{ batang} = \text{Maxrendah} * (\text{himBatTinggi}[1] - \text{himBatTinggi}[0] + \text{himBatTinggi}[0])$$

- Nilai keanggotaan himpunan tinggi (α_2)

$$\alpha_2 \text{ batang} = \text{Maxtinggi} * (\text{himBatTinggi}[1] - \text{himBatTinggi}[0] + \text{himBatTinggi}[0])$$

b. Variabel output jumlah daun tanaman.

- Nilai keanggotaan himpunan sedikit(α_1)

$$\alpha_1 \text{ daun} = \text{Maxsedikit} * (\text{himDaunBanyak}[1] - \text{himDaunBanyak}[0] + \text{himDaunBanyak}[0])$$

- Nilai keanggotaan himpunan banyak(α_2)

$$\alpha_2 \text{ daun} = \text{Maxbanyak} * (\text{himDaunBanyak}[1] - \text{himDaunBanyak}[0] + \text{himDaunBanyak}[0])$$

3.4.2.4 Defuzifikasi

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

a. Variabel output Tinggi Batang

- $M1 = \int_0^{a1 \text{ batang}} \text{Maxrendahbatang} z \, dz =$

- $M2 = \int_{a1 \text{ batang}}^{a2 \text{ batang}} \frac{z - \text{himBatang}[0]}{\text{himBatang}[1] - \text{himBatang}[0]} z \, dz$

- $M3 = \int_{a2 \text{ daun}}^{\text{himBtng}[1]} \text{MaxtinggiBtang} z \, dz$

- $A1 = P * L = (\alpha_1 \text{ batang} - \text{himBatang}[0]) * \text{Maxrendah}$

- $A2 = \sum \text{sisi sejajar} * \text{tinggi} / 2 = (\alpha_2 \text{ batang} - \alpha_1 \text{ batang}) * (\text{Maxtinggi} - \text{Maxrendah}) / 2$

- $A3 = P * L = (\text{himBatang}[1] - \alpha_2 \text{ batang}) * \text{Maxtinggi}$

- Titik pusat batang = $(M1 + M2 + M3) / (A1 + A2 + A3)$

b. Variabel output jumlah daun.

- $M1 = \int_0^{a1 \text{ daun}} \text{Maxrendahdaun} z \, dz$
- $M2 = \int_{a1 \text{ daun}}^{a2 \text{ daun}} \frac{z - \text{himDaun}[0]}{\text{himDaun}[1] - \text{himDaun}[0]} z \, dz$
- $M3 = \int_{a2 \text{ daun}}^{\text{himDaun}[1]} \text{Maxtinggidaun} z \, dz$
- $A1 = P * L = (\alpha1 \text{ daun} - \text{himDaun}[0]) * \text{Maxsedikit}$
- $A2 = \sum \text{sisi sejajar} * \text{tinggi} / 2 = (\alpha2 \text{ daun} - \alpha1 \text{ daun}) * (\text{Maxbanyak} - \text{Maxsedikit}) / 2$
- $A3 = P * L = (\text{himDaun}[1] - \alpha2 \text{ daun}) * \text{Maxbanyak}$
- $\text{Titik pusat daun} = (M1 + M2 + M3) / (A1 + A2 + A3)$

3.4.3 Keluaran

Keluaran berupa model simulasi morfologi tinggi tanaman dan jumlah daun yang datanya diperoleh dari hasil output proses perhitungan fuzzy Mamdani.

3.5 Tahap Implementasi

Sederhananya tahapan yang paling penting dalam pembuatan sebuah program adalah tahapan implementasi. Implementasi adalah sebuah proses yang kemudian memberikan dampak perubahan bagi aspek-aspek yang dikenainya. Setelah mengalami proses implementasi, maka objek-objek yang dikenainya tersebut akan memberikan dampak baik berupa perubahan, maupun nilai pada objek yang dikenai implementasi ini. Karena program dari hasil penelitian yang terkait dengan pertumbuhan

ideal kacang kedelai berdasarkan intensitas penyiraman dan pemupukan yang dibuat adalah sebuah program simulasi atau *plant modelling* maka proses implementasi ini diawali dengan mengumpulkan data visual atau data morfologi dari tanaman kacang kedelai yang berupa tinggi tanaman, banyak cabang dan banyak daun dari tanaman tersebut.. Data tersebut digunakan sebagai inputan yang nantinya diproses menggunakan fuzzy Mamdani sebagai acuan dalam pembuatan atau penyusunan sebuah struktur simulasi tanaman kacang kedelai atau bisa disebut penyusunan komponen-komponen tiruan dari tanaman aslinya. Teknologi yang digunakan dalam pembuatan dan pengembangan sistem ini adalah menggunakan teknologi simulasi berbasis XL System (extended lindenmayer sistem), dengan nama software yang digunakan adalah GroIMP yang mana software tersebut sangat identik dengan bahasa Java namun salah satu kelebihan software ini mengkhususkan untuk proses simulasi sebuah struktur dari sebuah tanaman. Dengan teknologi ini, memungkinkan kompleksitas alam dapat didefinisikan dengan beberapa parameter dan aturan

Dalam simulasi pertumbuhan kacang kedelai ini, implementasi atau pengolahan metode fuzzy Mamdani digunakan untuk meramalkan tinggi tanaman, dan banyak daun kacang kedelai berdasarkan input berupa kombinasi intensitas penyiraman dan intensitas pemupukan dari data lapangan yang diberikan. Sedangkan XL-System berperan sebagai visualisasi pertumbuhan tanaman kacang kedelai.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

Berikut disajikan ke dalam beberapa tabel hasil pengamatan tanaman kedelai berdasarkan intensitas penyiraman dan pemupukan. Sesuai peta tabel penelitian pada bab sebelumnya yaitu ada Bab III dijelaskan bahwa setiap perlakuan berisi 4 tanaman, dari keempat tanaman tersebut dicari data rata-rata baik tinggi tanaman, banyak daun dan banyak cabang yang digunakan dalam inputan simulasi pertumbuhan kacang kedelai.

Tabel 4.1 Data rata-rata pertumbuhan kacang kedelai pada 14 HST

No.	Perlakuan		Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun	Banyak Cabang
	Penyiraman	Pemupukan			
1	12 hari sekali	1x	20	4	0
2	12 hari sekali	2x	20	3	0
3	9 hari sekali	1x	20	5	0
4	9 hari sekali	2x	19	5	0
5	6 hari sekali	1x	21	7	0
6	6 hari sekali	2x	18	4	0
7	3 hari sekali	1x	20	6	0
8	3 hari sekali	2x	21	3	0
9	1 hari sekali	1x	20.5	4	0
10	1 hari sekali	2x	21.5	5	0

Tabel 4.2 Data rata-rata pertumbuhan kacang kedelai pada 21 HST

No.	Perlakuan		Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun	Banyak Cabang
	Penyiraman	Pemupukan			
1	12 hari sekali	1x	30	8	0
2	12 hari sekali	2x	30	8	0
3	9 hari sekali	1x	32	10	0
4	9 hari sekali	2x	32	10	0
5	6 hari sekali	1x	36	12	0
6	6 hari sekali	2x	37	12	0
7	3 hari sekali	1x	38	14	1
8	3 hari sekali	2x	39	15	1
9	1 hari sekali	1x	38	16	1
10	1 hari sekali	2x	39	16	1

Tabel 4.3 Data rata-rata pertumbuhan kacang kedelai pada 28 HST

No.	Perlakuan		Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun	Banyak Cabang
	Penyiraman	Pemupukan			
1	12 hari sekali	1x	40	20	0
2	12 hari sekali	2x	42	20	0
3	9 hari sekali	1x	40	22	0
4	9 hari sekali	2x	41	22	0
5	6 hari sekali	1x	58	30	1
6	6 hari sekali	2x	57	30	1
7	3 hari sekali	1x	62	34	2
8	3 hari sekali	2x	61	34	2
9	1 hari sekali	1x	63	36	2

10	1 hari sekali	2x	64	34	2
----	---------------	----	----	----	---

Pada minggu kelima pemupukan kedua dilakukan, sehingga dari minggu kelima dan keenam sudah nampak perbedaan perlakuan yang dipupuk sekali dengan yang dipupuk dua kali.

Tabel 4.4 Data rata-rata pertumbuhan kacang kedelai pada 35 HST

No.	Perlakuan		Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun	Banyak Cabang
	Penyiraman	Pemupukan			
1	12 hari sekali	1x	50	24	1
2	12 hari sekali	2x	52	24	1
3	9 hari sekali	1x	45	26	1
4	9 hari sekali	2x	46	28	1
5	6 hari sekali	1x	60	44	2
6	6 hari sekali	2x	64	46	2
7	3 hari sekali	1x	66	48	4
8	3 hari sekali	2x	68	50	5
9	1 hari sekali	1x	73	52	5
10	1 hari sekali	2x	74	52	5

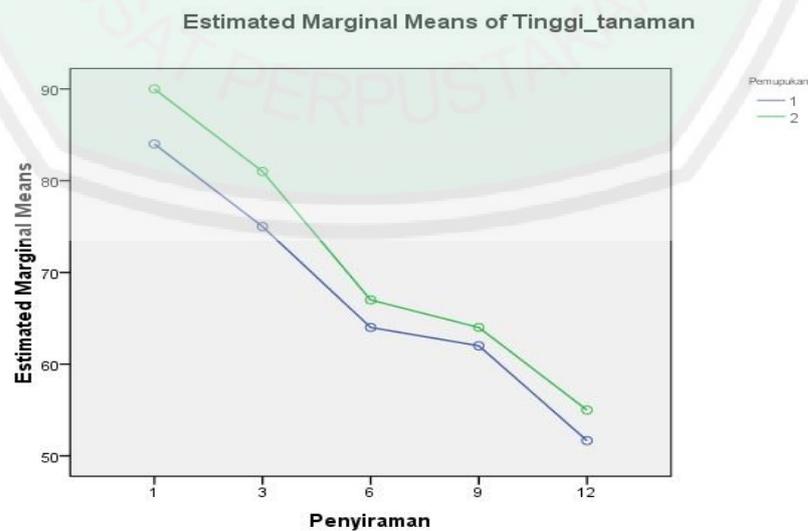
Tabel 4.5 Data rata-rata pertumbuhan kacang kedelai pada 42 HST

No.	Perlakuan		Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun	Banyak Cabang
	Penyiraman	Pemupukan			
1	12 hari sekali	1x	52	26	1
2	12 hari sekali	2x	55	26	1
3	9 hari sekali	1x	62	30	1

4	9 hari sekali	2x	67	32	1
5	6 hari sekali	1x	64	52	3
6	6 hari sekali	2x	67	60	4
7	3 hari sekali	1x	76	58	7
8	3 hari sekali	2x	81	68	8
9	1 hari sekali	1x	84	62	8
10	1 hari sekali	2x	86	70	9

4.1.1 Grafik Pertumbuhan Tinggi Batang Tanaman

Dengan menginputkan data penelitian tanaman kacang kedelai pada minggu ke enam dengan catatan data adalah hasil perlakuan dengan ulangan sebanyak tiga kali, akan didapat rata-rata hasil tinggi tanaman kacang kedelai berdasarkan dua paramater yaitu intensitas penyiraman dan intensitas pemupukan, yang digambarkan dengan grafik yang dibangun dalam sebuah software statistika yaitu SPSS sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik Tinggi Batang Kacang Kedelai

Dengan program SPSS dapat dilihat nilai signifikansi kedua parameter yaitu intensitas penyiraman dan intensitas pemupukan apakah sejatinya memang berpengaruh pada pertumbuhan kacang kedelai dengan menggunakan uji statistik ANOVA yang mana dapat menghasilkan nilai sig (signifikansi). Analisis of variance atau ANOVA merupakan salah satu teknik analisis multivariate yang berfungsi untuk membedakan rerata lebih dari dua kelompok data dengan cara membandingkan variansinya. Analisis varian dapat dilakukan untuk menganalisis data yang berasal dari berbagai macam jenis dan desain penelitian. Analisis varian banyak dipergunakan pada penelitian-penelitian yang banyak melibatkan pengujian komparatif yaitu menguji variabel terikat dengan cara membandingkannya pada kelompok-kelompok sampel independen yang diamati. Apabila hasil parameter menunjukkan hasil uji dengan nilai sig < 0.05 maka dapat dinyatakan parameter intensitas penyiraman dan pemupukan mempunyai pengaruh langsung terhadap hasil pertumbuhan tinggi batang tanaman.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Y

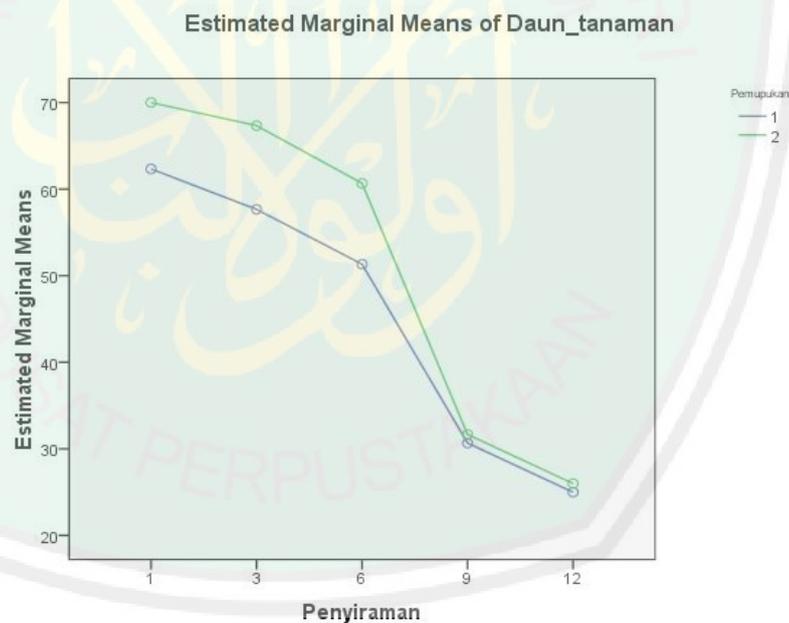
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4332.300 ^a	9	481.367	236.738	.000
Intercept	144352.033	1	144352.033	7.099E4	.000
Penyiraman	4188.133	4	1047.033	514.934	.000
Pemupukan	124.033	1	124.033	61.000	.000
Penyiraman * Pemupukan	20.133	4	5.033	2.475	.077
Error	40.667	20	2.033		
Total	148725.000	30			
Corrected Total	4372.967	29			

a. R Squared = ,991 (Adjusted R Squared = ,987)

Gambar 4.2 Hasil uji nilai sig pada tinggi batang tanaman

4.1.2 Grafik Pertumbuhan Daun Tanaman

Tidak berbeda dengan tinggi tanaman, maka pertumbuhan daun tanaman kacang kedelai diuji dengan program SPSS untuk mengetahui grafik pertumbuhannya dan mengetahui nilai signifikansi apakah intensitas penyiraman dan intensitas pemupukan sejatinya berpengaruh terhadap pertumbuhan daun. Data daun yang digunakan adalah daun dengan perlakuan yang sama yaitu 10 perlakuan yang berbeda dan 3 kali ulangan sehingga ada 30 data jumlah daun yang digunakan untuk inputan dalam program SPSS, seperti digambarkan dalam grafik berikut :



Gambar 4.3 Grafik Pertumbuhan Daun Kacang Kedelai

Nilai signifikansi untuk daun tanaman kacang kedelai tertera dalam hasil interpretasi berikut :

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Y

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8723.200 ^a	9	969.244	1.817E3	.000
Intercept	69890.133	1	69890.133	1.310E5	.000
Penyiraman	8361.200	4	2090.300	3.919E3	.000
Pemupukan	246.533	1	246.533	462.250	.000
Penyiraman * Pemupukan	115.467	4	28.867	54.125	.000
Error	10.667	20	.533		
Total	78624.000	30			
Corrected Total	8733.867	29			

a. R Squared = ,999 (Adjusted R Squared = ,998)

Gambar 4.4 Hasil uji nilai sig pada pertumbuhan daun tanaman

4.2 Pembentukan Himpunan Fuzzy

4.2.1 Intensitas Penyiraman

Dalam pembentukan himpunan Fuzzy, langkah yang disusun adalah pembentukan himpunan Fuzzy. Variabel intensitas penyiraman (c) dibagi menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu sedikit, sedang, dan banyak. Pada umumnya himpunan yang dikatakan banyak adalah himpunan yang memiliki nilai yang besar, namun pada variabel intensitas penyiraman ini, himpunan intensitas penyiraman banyak direpresentasikan dalam kurva linear turun dengan domain 1 kali sehari dan 6 hari sekali, dengan maksud bahwa himpunan intensitas penyiraman banyak memiliki domain bahwa tanaman yang disiram sebanyak 1 kali sehari atau disiram setiap hari dan tanaman yang disiram 6 hari sekali dengan derajat keanggotaan banyak tertinggi (=1)

terletak pada nilai 1 kali. Himpunan intensitas penyiraman sedang direpresentasikan dalam kurva segitiga dengan domain 1 kali sehari hingga 12 hari sekali dan derajat keanggotaan sedang tertinggi pada nilai 6 kali sehari. Himpunan intensitas penyiraman sedikit direpresentasikan dalam kurva linear naik dengan domain 6 hari sekali hingga 12 hari sekali dan derajat keanggotaan sedikit tertinggi pada nilai 12 hari sekali. Dalam himpunan ini, semakin besar angkanya maka termasuk himpunan yang semakin sedikit, sebab semakin sering tanaman disiram atau semakin sering tanaman disiram dengan selang waktu atau jarak waktu yang semakin pendek maka tanaman dapat dikatakan semakin sering atau semakin banyak mendapat perlakuan penyiraman. Pada pemisalan contoh bahwa tanaman yang disiram 1 kali sehari adalah lebih banyak mendapat penyiraman dibandingkan tanaman yang disiram 12 hari sekali walaupun angka yang menjadi domain semakin besar. Pembagian himpunan dan domain intensitas pencahayaan diperlihatkan pada tabel 4.6 :

Tabel 4.6 Himpunan dan Domain Intensitas Penyiraman (s)

Himpunan	Domain
Banyak	[1, 6]
Sedang	[1,6,12]
Banyak	[6,12]



Gambar 4.5 Fungsi Keanggotaan Variabel Intensitas Penyiraman (s)

Fungsi derajat keanggotaan masing-masing himpunan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\mu_{s \text{ BANYAK}}[s] = \begin{cases} 1; & s \leq 1 \\ (6 - s)/(6 - 1); & 1 < s < 6 \\ 0; & s \geq 6 \end{cases}$$

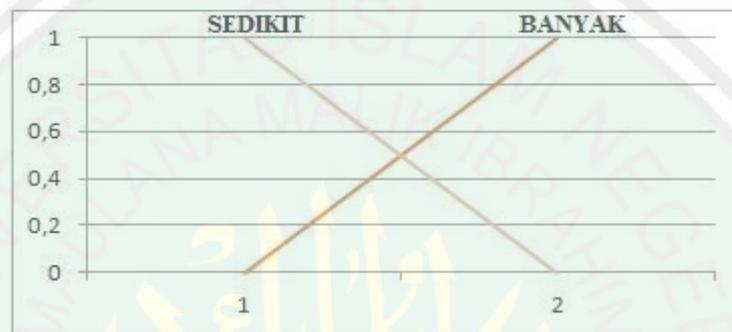
$$\mu_{s \text{ SEDANG}}[s] = \begin{cases} 0; & s \leq 1 \text{ atau } s \geq 12 \\ (s - 1)/(6 - 1); & 1 < s < 6 \\ (12 - s)/(12 - 6); & 6 \leq s \leq 12 \end{cases}$$

$$\mu_{s \text{ SEDIKIT}}[s] = \begin{cases} 0; & s \leq 6 \\ (s - 6)/(12 - 6); & 6 < s < 12 \\ 1; & s \geq 12 \end{cases}$$

4.2.2 Intensitas Pemupukan

Variabel intensitas pemupukan (p) dibagi menjadi 2 himpunan fuzzy, yaitu sedikit dan banyak. Intensitas pemupukan 2 kali sebagai representasi himpunan banyak yang digambarkan dengan representasi linear naik dengan derajat keanggotaan 0 bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi, dan tanaman dengan intensitas penyiraman 1 kali sehari sebagai

representasi himpunan sedikit, direpresentasikan dengan garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi yaitu 1 kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih rendah yaitu derajat keanggotaan 0.



Gambar 4.6 Fungsi Keanggotaan Variabel Intensitas Pemupukan (p)

Fungsi keanggotaan intensitas pemupukan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

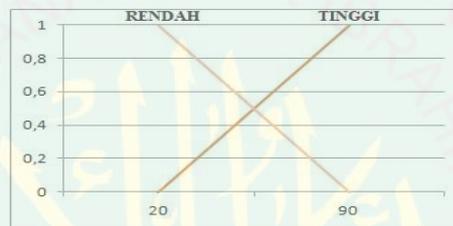
$$\mu_{p \text{ SEDIKIT}} [p] = \begin{cases} 1; & p \leq 1 \\ (2 - p)/(2 - 1); & 1 < p < 2 \\ 0; & p \geq 2 \end{cases}$$

$$\mu_{p \text{ BANYAK}} [p] = \begin{cases} 0; & p \leq 1 \\ (p - 1)/(2 - 1); & 1 < p < 2 \\ 1; & p \geq 2 \end{cases}$$

4.2.3 Tinggi Tanaman

Variabel tinggi tanaman (t) dibagi menjadi 2 himpunan fuzzy, yaitu rendah dan tinggi. Tinggi tanaman tertinggi 90 cm digunakan sebagai representasi himpunan tinggi yang digambarkan dengan representasi linear naik dengan derajat keanggotaan 0 bergerak ke kanan menuju

ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi, dan tinggi tanaman 20 cm sebagai representasi himpunan rendah, direpresentasikan dengan garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi yaitu 1 kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih rendah yaitu derajat keanggotaan 0.



Gambar 4.7 Fungsi Keanggotaan Variabel Tinggi Tanaman (t)

Fungsi keanggotaan tinggi tanaman kacang kedelai dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\mu_{t \text{ RENDAH}} [t] = \begin{cases} 1; & t \leq 20 \\ (90 - t)/(90 - 20); & 20 < t < 90 \\ 0; & t \geq 90 \end{cases}$$

$$\mu_{t \text{ TINGGI}} [t] = \begin{cases} 0; & t \leq 20 \\ (t - 20)/(90 - 20); & 20 < t < 90 \\ 1; & t \geq 90 \end{cases}$$

4.2.4 Daun Tanaman

Variabel daun tanaman (d) dibagi menjadi 2 himpunan fuzzy, yaitu sedikit dan banyak. Jumlah daun paling banyak yaitu 80 digunakan sebagai representasi himpunan banyak yang digambarkan dengan representasi linear naik dengan derajat keanggotaan 0 bergerak ke

kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi, dan jumlah daun sebanyak 4 digunakan sebagai representasi himpunan sedikit, direpresentasikan dengan garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi yaitu 1 kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih rendah yaitu derajat keanggotaan 0.



Gambar 4.8 Fungsi Keanggotaan Variabel Jumlah Daun Tanaman (d)

Fungsi keanggotaan tingi tanaman kacang kedelai dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\mu_{d \text{ SEDIKIT}}[d] = \begin{cases} 1; & d \leq 4 \\ (80 - d)/(80 - 4); & 4 < d < 80 \\ 0; & d \geq 80 \end{cases}$$

$$\mu_{d \text{ BANYAK}}[d] = \begin{cases} 0; & d \leq 4 \\ (d - 4)/(80 - 4); & 4 < d < 80 \\ 1; & d \geq 80 \end{cases}$$

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 pengamatan selama enam minggu terkait dengan intensitas penyiraman dan intensitas pemupukan, maka dapat diambil sampel perlakuan pada minggu keenam untuk membentuk aturan fuzzy, dikarenakan pada minggu keenam sudah dapat dilihat perbedaan morfologi yang didapat dari kesepuluh perlakuan. Berikut adalah data kesepuluh perlakuan disertai data tinggi tanaman, jumlah daun dan banyak cabang.

Tabel 4.7 Data Penelitian Pada Minggu Ke 6

No.	Perlakuan		Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun
	Penyiraman	Pemupukan		
1	12 hari sekali	1x	52	26
2	12 hari sekali	2x	55	26
3	9 hari sekali	1x	62	30
4	9 hari sekali	2x	67	32
5	6 hari sekali	1x	64	52
6	6 hari sekali	2x	67	60
7	3 hari sekali	1x	76	58
8	3 hari sekali	2x	81	68
9	1 hari sekali	1x	84	62
10	1 hari sekali	2x	86	70

Dari kesepuluh perlakuan tersebut, maka dapat dibuatlah pembentukan aturan fuzzy sesuai dengan tabel di atas. Pembentukan aturan fuzzy secara umum

dibuat pakar secara intuitif dalam pernyataan kualitatif yang ditulis dalam bentuk IF - THEN dan operator yang digunakan adalah AND.

Tabel 4.8 Aturan Fuzzy Berdasarkan Data Penelitian

No.	Perlakuan		Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun
	Penyiraman	Pemupukan		
1	Sedikit	Sedikit	Rendah	Sedikit
2	Sedikit	Banyak	Rendah	Sedikit
3	Sedikit	Sedikit	Rendah	Sedikit
4	Sedikit	Banyak	Rendah	Sedikit
5	Sedang	Sedikit	Rendah	Banyak
6	Sedang	Banyak	Rendah	Banyak
7	Banyak	Sedikit	Tinggi	Banyak
8	Banyak	Banyak	Tinggi	Banyak
9	Banyak	Sedikit	Tinggi	Banyak
10	Banyak	Banyak	Tinggi	Banyak

Dikarenakan terdapat perulangan aturan pada tabel di atas seperti aturan pada nomer 1 dan 2 sama dengan aturan 3 dan 4 dan untuk aturan 7 dan 8 juga sama dengan aturan 9 dan 10 yang mana perulangan tersebut terjadi disebabkan berdasarkan hasil penelitian di lapangan, sehingga dapat diringkas menjadi 6 aturan fuzzy yang digunakan untuk proses simulasi tanaman kacang kedelai dengan fuzzy Mamdani.

Tabel 4.9 Pembentukan Aturan Fuzzy Mamdani

No.	Perlakuan		Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun
	Penyiraman	Pemupukan		
1	Sedikit	Sedikit	Rendah	Sedikit
2	Sedikit	Banyak	Rendah	Sedikit
3	Sedang	Sedikit	Rendah	Banyak
4	Sedang	Banyak	Tinggi	Banyak
5	Banyak	Sedikit	Tinggi	Banyak
6	Banyak	Banyak	Tinggi	Banyak

Tabel 4.10 Aturan Fuzzy Tinggi Tanaman

R	IF	Penyiraman	AND	Pemupukan	THEN	Tinggi Tanaman
[R1]	IF	Sedikit	AND	Sedikit	THEN	Rendah
[R2]	IF	Sedikit	AND	Banyak	THEN	Rendah
[R3]	IF	Sedang	AND	Sedikit	THEN	Rendah
[R4]	IF	Sedang	AND	Banyak	THEN	Tinggi
[R5]	IF	Banyak	AND	Sedikit	THEN	Tinggi
[R6]	IF	Banyak	AND	Banyak	THEN	Tinggi

Tabel 4.11 Aturan Fuzzy Jumlah Daun

R	IF	Penyiraman	AND	Pemupukan	THEN	Jumlah Daun Tanaman
[R1]	IF	Sedikit	AND	Sedikit	THEN	Sedikit
[R2]	IF	Sedikit	AND	Banyak	THEN	Sedikit
[R3]	IF	Sedang	AND	Sedikit	THEN	Banyak
[R4]	IF	Sedang	AND	Banyak	THEN	Banyak
[R5]	IF	Banyak	AND	Sedikit	THEN	Banyak

[R6]	IF	Banyak	AND	Banyak	THEN	Banyak
------	----	--------	-----	--------	------	--------

4.4 Implementasi Program

Untuk menjalankan program simulasi pertumbuhan tanaman kedelai berdasarkan intensitas penyiraman dan intensitas pemupukan ini dibutuhkan perangkat keras dan perangkat lunak yang sesuai dengan kebutuhan dalam proses simulasi.

4.4.1 Kebutuhan Perangkat Keras

- Prosesor 1 GHz
- Memori 256 MB

4.4.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

- Java 2 JRE minimal versi 1.6
- Sistem Operasi Windows 7

4.4.3 Perangkat Pembuatan dan Uji Coba Program

Dalam pembuatan dan uji coba program simulasi pertumbuhan tanaman kedelai ini digunakan perangkat keras dan perangkat lunak sebagai berikut:

4.4.3.1 Perangkat Keras

- Prosesor Intel Core i3 M370 2.4GHz
- Memori DDR3 3GB
- VGA ATI Mobility Radeon HD5470 512MB + 1238MB
- Hard disk drive 320GB

4.4.3.2 Perangkat Lunak

- Sistem Operasi Windows 7 Ultimate 32-bit Service Pack 1
- Java JDK 1.6
- GroIMP versi 1.2 32-bit

4.5 Pembuatan dan Pengujian Program

Pembuatan program ini diawali dengan menginisialisasi semua variabel ke dalam software GroIMP yang digunakan sebagai inputan untuk proses simulasi. Inputan yang digunakan dalam program ini adalah berapakah intensitas penyiraman dan berapakah intensitas pemupukannya, sehingga akan muncul output data hasil perhitungan fuzzy mamdani mulai dari derajat keanggotaan, fungsi implikasi dengan mengambil nilai minimal, komposisi antar aturan, yang diawali dengan menentukan batas a_1 dan a_2 , dan batas atas dan batas akhir untuk setiap momen daerah luas yang digunakan, selanjutnya terdapat pula nilai masing-masing luas daerah dan terakhir akan muncul pula output berupa Z rata-rata dari hasil Z batang tinggi tanaman dan Z jumlah daun. Dari kedua nilai rata-rata terbobot tersebut digunakan sebagai inputan untuk proses simulasi dengan menyertakan jumlah daun dan hari nya. Berikut adalah paparan langkah demi langkah dalam pembuatan modelling tanaman kacang kedelai dengan menggabungkan metode Fuzzy Mamdani.

1. Pembentukan Himpunan Fuzzy (Fuzzyfikasi)

Penyiraman (s) memiliki 3 himpunan, yaitu banyak, sedang dan sedikit, sehingga bisa diperoleh nilai keanggotaan dari nilai input Siram 3,0, yaitu :

$$\mu_{s \text{ BANYAK}}(3,0) = \frac{6-s}{6-1} = \frac{6-3}{6-1} = 0,6$$

$$\mu_{s \text{ SEDANG}}(3,0) = \frac{s-1}{6-1} = \frac{3-1}{6-1} = 0,4$$

$$\mu_{s \text{ SEDIKIT}}(3,0) = 0$$

Sedangkan untuk Pemupukan (p) memiliki 2 himpunan sedikit dan banyak. Sehingga bisa diperoleh nilai keanggotaan dari nilai input

Pemupukan 2,0 yaitu :

$$\mu_{p \text{ SEDIKIT}}(2,0) = 0$$

$$\mu_{p \text{ BANYAK}}(2,0) = 1$$

2. Aplikasi fungsi implikasi

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

[R1] Jika Siram **sedikit** dan Pupuk **sedikit** maka tinggi tanaman rendah and jumlah daun sedikit.

$$\alpha - \text{prediket}_1 = \min(0:0) = 0$$

[R2] Jika Siram **sedikit** dan Pupuk **banyak** maka tinggi tanaman rendah and jumlah daun sedikit.

$$\alpha - \text{prediket}_2 = \min(0:1) = 0.$$

[R3] Jika Siram **sedang** dan Pupuk **sedikit** maka tinggi tanaman rendah and jumlah daun banyak.

$$\alpha - \text{prediket}_3 = \min(0,4; 0) = 0.$$

[R4] Jika Siram **sedang** dan Pupuk **banyak** maka tinggi tanaman tinggi and jumlah daun banyak.

$$\alpha - \text{prediket}_4 = \min(0,4; 0) = 0.$$

[R5] Jika Siram **banyak** dan Pupuk **sedikit** maka tinggi tanaman tinggi and jumlah daun banyak.

$$\alpha - \text{prediket}_5 = \min(0,6; 0) = 0.$$

[R6] Jika Siram **banyak** dan Pupuk **banyak** maka tinggi tanaman tinggi and jumlah daun banyak.

$$\alpha - \text{prediket}_6 = \min(0,6; 1) = 0,6$$

Untuk mencari implikasi MIN dan α -predikat, program simulasi menggunakan *source code* berikut:

```

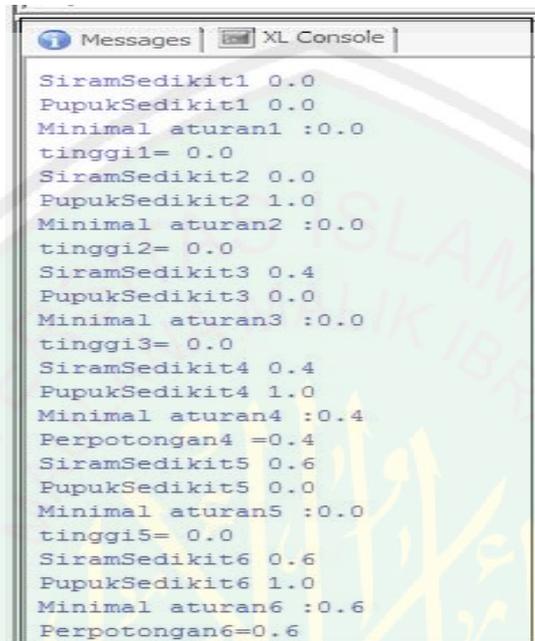
if(i==0)//aturan 1 : sedikit and sedikit then rendah and sedikit.
{
    siram="sedikit";
    setAnggotaSiram(siram,aSiram);
    anggotaSiram=getAnggotaSiram(siram);
    println("SiramSedikitl "+anggotaSiram);

    pupuk="sedikit";
    setAnggotaPupuk(pupuk,aPupuk);
    anggotaPupuk=getAnggotaPupuk(pupuk);
    println("PupukSedikitl "+anggotaPupuk);
    //fungsi MIN.
    double minimall=Math.min(anggotaSiram, anggotaPupuk);
    println("Minimal aturan1 :"+minimall);
    tampung[i]=minimall;
    //Menentukan per potongan luas per aturan.
    // tinggil=0.0;
    if (minimall==0.0){
        tinggil=0.0;
        println("tinggil= "+tinggil);
    }
    else if(minimall!=0.0){
        tinggil=Math.min(anggotaSiram, anggotaPupuk);
        println("Perpotongan1=" +tinggil);
    }
}

```

Gambar 4.9 Source Code Fungsi Implikasi Min

Berikut adalah output dari source di atas, dengan menghasilkan nilai min dari masing-masing aturan :



```

Messages | XL Console |
SiramSedikit1 0.0
PupukSedikit1 0.0
Minimal aturan1 :0.0
tinggi1= 0.0
SiramSedikit2 0.0
PupukSedikit2 1.0
Minimal aturan2 :0.0
tinggi2= 0.0
SiramSedikit3 0.4
PupukSedikit3 0.0
Minimal aturan3 :0.0
tinggi3= 0.0
SiramSedikit4 0.4
PupukSedikit4 1.0
Minimal aturan4 :0.4
Perpotongan4 =0.4
SiramSedikit5 0.6
PupukSedikit5 0.0
Minimal aturan5 :0.0
tinggi5= 0.0
SiramSedikit6 0.6
PupukSedikit6 1.0
Minimal aturan6 :0.6
Perpotongan6=0.6

```

Gambar 4.10 Hasil Implikasi Min

3. Komposisi 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 tinggi batang tanaman.

- Nilai keanggotaan himpunan rendah (α_1)

$$= \text{Maxrendah}(0 : 0 : 0)$$

$$= 0,0 \rightarrow \alpha_1 = \text{Maxrendah} * (\text{himBatTinggi}[1] - \text{himBatTinggi}[0]) +$$

$$\text{himBatTinggi}[0] = 0.0 * (90 - 20) + 20 = 20$$

- Nilai keanggotaan himpunan tinggi (α_2)

$$= \text{Maxtinggi}(0,4 : 0 : 0,6)$$

$$=0.6 \rightarrow \alpha_2 = \text{Maxtinggi} * (\text{himBatTinggi}[1] - \text{himBatTinggi}[0]) +$$

$$\text{himBatTinggi}[0] = 0.6 * (90 - 20) + 20 = 62$$

Fungsi keanggotaan yang diperoleh dari hasil komposisi terhadap himpunan output tinggi tanaman adalah

$$\mu_t [t] = \begin{cases} 0; & t \leq 20 \\ (t - 20)/(90 - 20); & 20 < t < 62 \\ 0,6; & t \geq 62 \end{cases}$$

Berikut adalah source code yang mana menghasilkan himpunan output untuk tinggi batang tanaman beserta fungsi keanggotannya:

```

al=(himBatTinggi[1]-himBatTinggi[0])* nilai_min) + himBatTinggi[0];.
println("Hasil a1 batang = "+al);.
a2=(himBatTinggi[1]-himBatTinggi[0])* nilai_max) + himBatTinggi[0];.
println("Hasil a2 batang = "+a2);.

//fungsi keanggotaan hasil komposisi batang.

if(hasil_komposisi<=al).
{
derkomposisi=nilai_min;.
}
}else if(hasil_komposisi>=al && hasil_komposisi<=a2).
{
derkomposisi=(hasil_komposisi-himBatTinggi[0])/(himBatTinggi[1]-himBatTinggi[0]);.
}
}else if(hasil_komposisi>=a2).
{ derkomposisi=nilai_max;}.

```

Gambar 4.11 Source Code α_1 , α_2 batang serta Fungsi Keanggotannya Sehingga akan menghasilkan nilai berikut dalam program yang sesuai dengan perhitungan manual di atas:

```

Hasil a1 batang = 20.0
Hasil a2 batang = 62.0

```

Gambar 4.12 Hasil α_1 dan α_2 batang

b. Variabel output jumlah daun.

- Nilai keanggotaan himpunan sedikit(α_1)

= Maxsedikit (0 : 0)

=0,0 $\rightarrow \alpha_1 = \text{Maxsedikit} * (\text{himDaunBanyak}[1] - \text{himDaunBanyak}[0]) +$

$\text{himDaunBanyak}[0] = 0 * (80 - 4) + 4 = 4$

Nilai keanggotaan himpunan banyak (α_2)

= Maxbanyak (0 : 0,4 : 0 : 0,6)

= 0,6 $\rightarrow \alpha_2 = \text{Maxbanyak} * (\text{himDaunBanyak}[1] - \text{himDaunBanyak}[0]) +$

$\text{himDaunBanyak}[0] = 0,6 * (80 - 4) + 4 = 49,6$

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

$$\mu_d [d] = \begin{cases} 0; & d \leq 4 \\ (d - 4)/(80 - 4); & 4 < d < 49,6 \\ 0,6; & d \geq 49,6 \end{cases}$$

Berikut adalah source code yang mana menghasilkan himpunan output untuk jumlah daun tanaman beserta fungsi keanggotannya:

```
//al dan a2 .
al_daun=(himDaunBanyak[1]-himDaunBanyak[0])* nilai_min) + himDaunBanyak[0];.
println("Hasil al daun = "+al_daun);.
a2_daun=(himDaunBanyak[1]-himDaunBanyak[0])* nilai_max) + himDaunBanyak[0];.
println("Hasil a2 daun= "+a2_daun);.
//hasil komposisi daun.
if(hasil_komposisidaun<=al_daun).
{
    derkomposisi_daun=nilai_min;.

}
}
else if(hasil_komposisidaun>=al_daun && hasil_komposisidaun<=a2_daun).
{.
    derkomposisi_daun=(hasil_komposisidaun-himDaunBanyak[0])/(himDaunBanyak[1]-himDaunSedikit[0]);.
}
else if(hasil_komposisi>=a2_daun).
{.
    derkomposisi_daun=nilai_max;.
}.
}.
}.
```

Gambar 4.13 Source Code α_1 , α_2 daun serta Fungsi Keanggotannya

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

```

Hasil a1 daun = 4.0
Hasil a2 daun= 49.6
  
```

Gambar 4.14 Hasil α_1 dan α_2 daun

4. Defuzzyfikasi

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.

a. Variabel output tinggi tanaman.

- $M1 = \int_0^{a1 \text{ batang}} \text{Maxrendahbatang} z \, dz = \int_0^{20} 0 z \, dz = 0$
- $M2 = \int_{a1 \text{ batang}}^{a2 \text{ batang}} \frac{z - \text{himBatang}[0]}{\text{himBatang}[1] - \text{himBatang}[0]} z \, dz$
 $\int_{20}^{62} \frac{z-20}{90-20} z \, dz = \int_{20}^{62} \frac{z^2}{90-20} - \frac{20z}{90-20} \, dz = 604,81$
- $M3 = \int_{a2 \text{ daun}}^{\text{himBtng}[1]} \text{MaxtinggiBtang} z \, dz = \int_{62}^{90} 0,6 z \, dz = 1276,8$
- $A1 = P * L = (20-20) * 0 = 0$
- $A2 = \sum \text{sisi sejajar} * \text{tinggi} / 2 = (0,6+0) * (62-20) / 2 = 12,6$
- $A3 = P * L = (90-62) * 0,6 = 16,8$
- Titik pusat batang = $(M1+M2+M3)/(A1+A2+A3)$
 $= (0+604,81+1276,8)/(0+12,6+16,8)$
 $= 64$

b. Variabel output jumlah daun.

- $M1 = \int_0^{a1 \text{ daun}} \text{Maxrendahdaun} z \, dz = 0 \int_0^4 0 z \, dz = 0$
- $M2 = \int_{a1 \text{ daun}}^{a2 \text{ daun}} \frac{z - \text{himDaun}[0]}{\text{himDaun}[1] - \text{himDaun}[0]} z \, dz = \int_4^{49,6} \frac{z-4}{80-4} z \, dz =$
 $\int_4^{49,6} \frac{z^2}{80-4} - \frac{4z}{80-4} \, dz = 470,6$
- $M3 = \int_{a2 \text{ daun}}^{\text{himDaun}[1]} \text{Maxtinggidaun} z \, dz = \int_{0,6}^{80} 0,6 z \, dz = 1182$
- $A1 = P * L = (4-4) * 0 = 0$
- $A2 = \sum \text{sisi sejajar} * \text{tinggi} / 2 = (49,6-4) * (0,6 + 0) / 2 = 13,68$
- $A3 = P * L = (80-49,6) * 0,6 = 18,24$
- Titik pusat = $(M1+M2+M3)/(A1+A2+A3)$
 $= (0 + 470,6 + 1182) / (0 + 13,68 + 18,24)$
 $= 51,77$

Dari perhitungan di atas diperkirakan bahwa tinggi tanaman adalah 64 cm dan jumlah daun 51,77 yang dibulatkan 52. Kemudian Hasil dari perhitungan ini akan digunakan untuk proses simulasi. Tahapan kedua adalah proses visualisasi dalam bentuk simulasi pertumbuhan tanaman kacang kedelai yaitu dengan cara memasukan nilai dari output proses fuzzy yang berupa nilai dari tinggi tanaman dan jumlah daun ke program simulasi. Berikut adalah source code untuk perhitungan defuzifikasi mulai dari menentukan Momen. Luas daerah hingga rata-rata terbobot atau (z).

```

//mencari M1, M2 dan M3 .
protected void momen (){
    m1 = ((Math.pow(a1,2) * nilai_min)/2) - ((Math.pow(0,2) * nilai_min)/2);
    println ("M1 =" +m1);
    .
    m2= (Math.pow(a2,3) / (3 * (himBatTinggi[1]-himBatTinggi[0])) - ((himBatTinggi[0] * Math.pow(a2,2)).
    / ((himBatTinggi[1]-himBatTinggi[0]) * 2 ))).
    - (Math.pow(a1,3) / (3 * (himBatTinggi[1]-himBatTinggi[0])) - ((himBatTinggi[0] * Math.pow(a1,2)).
    / ((himBatTinggi[1]-himBatTinggi[0]) * 2 )));
    println ("M2 =" +m2);
    .
    m3 = ((Math.pow(himBatTinggi[1],2) * nilai_max)/2) - ((Math.pow(a2,2) * nilai_max)/2);
    println ("M3 =" +m3);
    .
    m1_daun = ((Math.pow(a1_daun,2) * nilai_min)/2) - ((Math.pow(0,2) * nilai_min)/2);
    println ("M1 DAUN =" +m1_daun);
    m2_daun= (Math.pow(a2_daun,3) / (3 * (himDaunBanyak[1]-himDaunBanyak[0])) -
    ((himDaunBanyak[0] * Math.pow(a2_daun,2)) / ((himDaunBanyak[1]-himDaunBanyak[0]) * 2 ))).
    - (Math.pow(a1_daun,3) / (3 * (himDaunBanyak[1]-himDaunBanyak[0])) -
    ((himDaunBanyak[0] * Math.pow(a1_daun,2)) / ((himDaunBanyak[1]-himDaunBanyak[0]) * 2 )));
    println ("M2 DAUN =" +m2_daun);
    m3_daun = ((Math.pow(himDaunBanyak[1],2) * nilai_max)/2) - ((Math.pow(a2_daun,2) * nilai_max)/2);
    println ("M3 DAUN =" +m3_daun);
    .
}

```

Gambar 4.15 Source Code menghitung Momen masing-masing daerah

```

//mencari luas setiap daerah/ A1,A2,A3.
protected void luas (){
    .
    luas_a1 = ((a1-himBatTinggi[0]) * nilai_min) ; .
    println("luas A1 " +luas_a1);
    luas_a2= ((nilai_min + nilai_max) * (a2-a1)) /2 ;.
    println("luas A2 " +luas_a2);
    luas_a3= (himBatTinggi[1]-a2) * nilai_max;.
    println("luas A3 " +luas_a3);
    .
    luas_aldaun = ((a1_daun-himDaunBanyak[0]) * nilai_min) ; .
    println("luas A1 daun " +luas_aldaun);
    luas_a2daun= ((nilai_min + nilai_max) * (a2_daun-a1_daun)) /2 ;.
    println("luas A2 daun " +luas_a2daun);
    luas_a3daun= (himDaunBanyak[1]-a2_daun) * nilai_max;.
    println("luas A3 daun " +luas_a3daun);
    .
}

```

Gambar 4.16 Source Code Luas Daerah Batang dan Daun

```

//mencari titik pusat.
protected void titik_pusat(){
    z = (m1+m2+m3)/(luas_a1+luas_a2+luas_a3);
    println("z "+z);
}

z_daun= (m1_daun+m2_daun+m3_daun)/(luas_aldaun+luas_a2daun+luas_a3daun);
println("z daun "+z_daun);
}

//fungsi pembulatan.
public double pembulatan(double inp).
{
    double hsl;
    int decimalPlace = 0;
    BigDecimal bd = new BigDecimal(inp);
    bd = bd.setScale(decimalPlace,BigDecimal.ROUND_UP);
    inp = bd.doubleValue();
    hsl=inp;
    return hsl;
}
}

```

Gambar 4.17 Source Code Rata-rata Terbobot Batang dan Daun

```

luas A1 0.0
luas A2 12.6
luas A3 16.8
luas A1 daun 0.0
luas A2 daun13.68
luas A3 daun 18.24
M1 =0.0
M2 =604.8
M3 =1276.8
M1 DAUN =0.0
M2 DAUN =470.59200000000004
M3 DAUN =1181.9519999999998
z 64.0
z daun 51.77142857142857
titik pusat 64.0
titik pusat daun 52.0
jumlah daun: 52

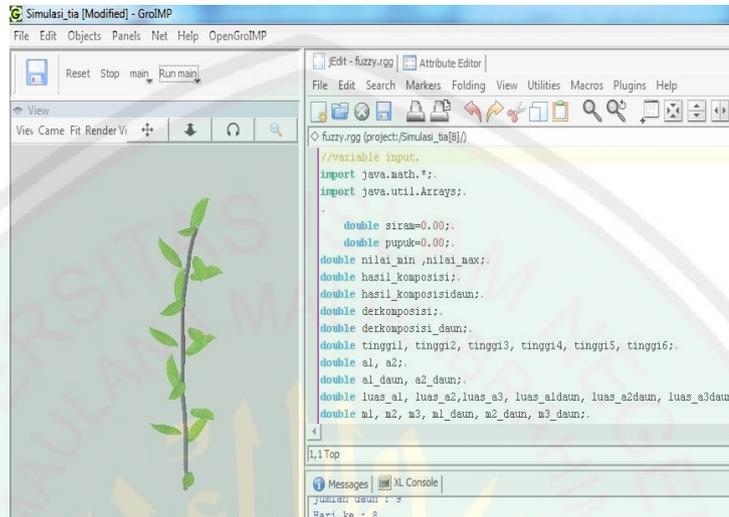
```

Gambar 4.18 Hasil Output Fuzzy Mamdani

4.6 Hasil Program

Dari proses perhitungan fuzzy Mamdani maka dapat menghasilkan sebuah program simulasi ini berupa tampilan 3D yang disertai dengan rincian perhitungan proses fuzzyfikasi dengan metode fuzzy Mamdani

yang disertai keterangan waktu dan jumlah daun pada tiap-tiap waktu pertumbuhan. Sebagaimana gambar berikut :



Gambar 4.19 Hasil Simulasi Tanaman Kacang Kedelai

```

jumlah daun : 45
Hari ke : 37
jumlah daun : 46
Hari ke : 38
jumlah daun : 47
Hari ke : 39
jumlah daun : 49
Hari ke : 40
jumlah daun : 50
Hari ke : 41
jumlah daun : 51
Hari ke : 42
jumlah daun : 52

```

Gambar 4.20 Keterangan Hasil Simulasi Kacang Kedelai

4.7 Evaluasi Program

Keakuratan program simulasi dapat diketahui dengan menghitung *error rate*, yaitu rata-rata kesalahan yang dihitung dengan cara membandingkan data hasil pengukuran di lapangan dengan hasil program simulasi. Untuk menghitung *error rate*, dalam penelitian ini menggunakan

Metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dengan rumus sebagai berikut:

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

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 program simulasi. Data lapangan yang akan digunakan untuk menghitung *error rate* adalah data pengukuran pada data tinggi tanaman, untuk data tinggi tanaman uji coba dilakukan dengan menguji pada program simulasi, seperti pada tabel perlakuan pada minggu keenam yaitu minggu terakhir penelitian. Berikut adalah data hasil perlakuan pada minggu keenam:

Tabel 4.12 Data Hasil Perlakuan pada 42 HST

No.	Perlakuan		Tinggi Tanaman (cm)
	Penyiraman	Pemupukan	
1	12 hari sekali	1x	52
2	12 hari sekali	2x	55
3	9 hari sekali	1x	62
4	9 hari sekali	2x	67
5	6 hari sekali	1x	64

6	6 hari sekali	2x	67
7	3 hari sekali	1x	76
8	3 hari sekali	2x	81
9	1 hari sekali	1x	84
10	1 hari sekali	2x	86

Tabel 4.13 Data Hasil Error Tinggi Tanaman

No.	Tinggi Tanaman (cm)		$Y_t - Y'_t$	$ (Y_t - Y'_t)/Y_t $
	Aktual (Y_t)	Simulasi (Y'_t)		
1	52	67	-15	0,28
2	55	67	-12	0,21
3	62	63	-1	0,01
4	67	63	4	0,05
5	64	67	-3	0,04
6	67	67	0	0
7	76	64	12	0,15
8	81	64	17	0,20
9	84	67	17	0,20
10	86	67	19	0,22
			Total Persentase	1,36
Rata-rata persentase error				0,136 = 13,6 %

Sedangkan untuk jumlah daun penghitungan persentase eror dihitung dengan menggunakan data pada 28 HST dan 35 HST dan 42 HST. Dengan perlakuan intensitas penyiraman = 3 dan dengan intensitas pemupukan = 2.

Tabel 4.14 Data Persentase Error Jumlah Daun pada 28 HST

No.	Jumlah Daun		$Y_t - Y'_t$	$ (Y_t - Y'_t)/Y_t $
	Aktual (Y_t)	Simulasi (Y'_t)		
1	20	28	-8	0,4
2	20	28	-8	0,4
3	22	28	-6	0,27
4	22	28	-6	0,27
5	30	28	2	0,06
6	30	28	2	0,06
7	34	28	6	0,17
8	34	28	6	0,17
9	36	28	8	0,22
10	34	28	6	0,17
			Total Persentase	2,19
Rata-rata persentase error				0,219 = 21,9 %

Tabel 4.15 Data Persentase Error Jumlah Daun pada 35 HST

No.	Jumlah Daun		$Y_t - Y'_t$	$ (Y_t - Y'_t)/Y_t $
	Aktual (Y_t)	Simulasi (Y'_t)		
1	24	43	-19	0,79
2	24	43	-19	0,79
3	26	43	-17	0,65
4	28	43	-15	0,53
5	44	43	1	0,02
6	46	43	3	0,06
7	48	43	5	0,10
8	50	43	7	0,14

9	52	43	9	0,17
10	52	43	9	0,17
			Total Persentase	3,42
Rata-rata persentase error				0,342 = 34,2 %

Tabel 4.16 Data Persentase Error Jumlah Daun pada 42 HST

No.	Jumlah Daun		$Y_t - Y'_t$	$ (Y_t - Y'_t)/Y_t $
	Aktual (Y_t)	Simulasi (Y'_t)		
1	26	52	-26	1
2	26	52	-26	1
3	30	52	-22	0,73
4	32	52	-20	0,62
5	52	52	0	0
6	60	52	8	0,13
7	58	52	6	0,10
8	68	52	17	0,23
9	62	52	10	0,16
10	70	52	18	0,25
Rata-rata persentase error				0,422 = 42,2 %

Hasil persentase eror dari tinggi tanaman yaitu 13,6 % sehingga nilai keakurasian dari percobaan ini 86,4 % dan untuk persentase eror dari daun tanaman yaitu 32,7 % sehingga nilai keakurasian dari percobaan ini untuk hasil dari jumlah daun tanaman sebesar 67,3 %. Tingkat *error rate* MAPE yang kurang dari 40% dikatakan baik dan dapat dipertanggungjawabkan.

Sehingga program simulasi ini dapat dikategorikan sebagai program simulasi yang cukup baik.

4.8 Integrasi Sistem dengan Islam

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ بَهِيجٍ



”Dan Kami hamparkan bumi itu dan Kami letakkan padanya gunung-gunung yang kokoh dan Kami tumbuhkan padanya segala macam tanaman yang indah dipandang mata”. (QS. Qaaf: 7)

Segala puji bagi pencipta semua makhluk yang ada di bumi ini, khususnya penciptaan tentang tanaman-tanaman yang indah 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. 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 simulasi maka dapat diambil kesimpulan bahwa program simulasi tanaman kacang kedelai berbasis XL-System dengan menggunakan Metode Fuzzy Mamdani dapat menunjukkan bahwa hasil tanaman dengan perlakuan Penyiraman yang dilakukan sebanyak 1 hari sekali dan pemupukan 2 kali selama masa penanaman menunjukkan data hasil tanaman tertinggi. Tak hanya itu, simulasi ini menunjukkan dengan hasil persentase eror dari tinggi tanaman yaitu 13,6 % sehingga nilai keakurasian dari percobaan ini 86,4 % dan untuk persentase eror dari daun tanaman yaitu 32,7 % sehingga nilai keakurasian dari percobaan ini untuk hasil dari jumlah daun tanaman sebesar 67,3 %. Sehingga program simulasi ini dapat dikategorikan sebagai program simulasi yang cukup baik.

5.2. Saran

1. Penelitian dapat dikembangkan dengan objek tanaman berbeda sehingga mampu mengambil data inputan yang berbeda dalam proses simulasi.
2. Mengembangkan simulasi dengan mensimulasikan data cabang sehingga dapat menggambarkan sebuah tanaman yang mirip dengan aslinya.

3. Selain Fuzzy Inference System, dapat digunakan metode peramalan lain yang lebih beragam dan memiliki nilai keakurasian yang lebih baik seperti Metode Neural Network, ANFIS, dan lain-lain.
4. Memperpanjang masa penelitian sehingga diperoleh data akhir pertumbuhan tanaman kacang kedelai yang lebih baik dan sesuai dengan pertumbuhan aslinya.



DAFTAR PUSTAKA

Retrieved Oktober 13, 2013, from Kompas.com

Askari, Wahyu (2010). Pupuk NPK. Retrieved from Tani Maju:
<http://wahyuaskari.wordpress.com/umum/pupuk-n-p-k/>

AA, G., & At-Tubany, H. Z.-H. (2009). *Struktur Matematika Al-Qur'an*. Surkarta: Rahma Media Pustaka.

AAK. (1989). *Kedelai*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.

Al-Zindani, A. M. (1997). *Mukjizat Al Qur'an dan As-Sunnah tentang Iptek*. Jakarta: Gema Insani Press.

As-Suyuthi, A.-I. J.-M.-I. (2010). *Tafsir Jalalain Jilid 2*. Surabaya: Pustaka eLBA.

Haryanti, S. (1992). Retrieved November 6, 2013, from Indonesian Science and Technology Digital Library: <http://elib.pdii.lipi.go.id>

Klir, George J., Clair, Ute St., & Yuan, Bo. 1997. *Fuzzy Set Theory Foundations and Applications*. New Jersey: Prentice Hall International, Inc.

Kusumadewi, S. (2003). *Artificial Intelligence*. Yogyakarta: Penrbit Graha Ilmu.

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

Kusumadewi, Sri. 2008. *Sistem Inferensi Fuzzy (Metode TSK) untuk Penentuan Kebutuhan Kalori Harian*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

Lindenmayer Aristid and Prusinkiewicz Prezemyslaw. 2004. *The Algorithmic Beauty Of Plants*.

Pradhana, Faried. (2013). *Metode Peramalan*. Retrieved Oktober 22, 2013, from <http://fariedpradhana.wordpress.com>

Naba, D. E. (2009). *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.

O. Kniemeyer, G.-S. W. (2007). GroIMP As A Platform For Functional Structural Modelling Of Plants. *Springer* , 45.

Pupuk NPK. (2013). Retrieved from Wikipedia:
http://id.wikipedia.org/wiki/Pupuk_NPK

- Purnomo, S. K. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Rukmana, I. R., & Yuyun Yuniarsih, B. (1996). *Kedelai Budidaya dan Pascapanen*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Setiadji. 2009. *Himpunan & Logika Samar serta Aplikasinya*. Edisi pertama. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Somaatmadja, L. v. (1991). *Prosea Sumber Daya Nabati Asia Tenggara 1 Kacang-kacangan*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Yamaguchi, V. E. (1998). *Sayuran dunia 2 (Prinsip, Produksi, dan gizi)*. Bandung: Penerbit ITB.
- Wang, Li Xin. 1997. *A Course in Fuzzy Systems and Control*. New Jersey: Prentice Hall International, Inc.
- Wulandari, Y. (2011). *Aplikasi Metode Mamdani Dalam Penentuan Status Gizi Dengan Indeks Massa Tubuh Menggunakan Logika Fuzzy*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

LAMPIRAN



Gambar : Persiapan Penanaman



Gambar : Kedelai Berumur 1Minggu



Gambar : Tanaman Kedelai



Gambar : Pengukuran Kedelai