

**SIMULASI PERTUMBUHAN TANAMAN WORTEL
TERHADAP PENGARUH JARAK TANAM BERBASIS *XL SYSTEM*
MENGUNAKAN METODE *FUZZY INFERENCE SYSTEM* MAMDANI**

SKRIPSI

Oleh :

ANDI ZAKKI ZAMANI

NIM. 08650128



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2013**

**SIMULASI PERTUMBUHAN TANAMAN WORTEL
TERHADAP PENGARUH JARAK TANAM BERBASIS *XL SYSTEM*
MENGUNAKAN METODE *FUZZY INFERENCE SYSTEM* MAMDANI**

SKRIPSI

Diajukan Kepada:

**Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

Oleh:

ANDI ZAKKI ZAMANI

NIM. 08650128

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2013**

**SIMULASI PERTUMBUHAN TANAMAN WORTEL
TERHADAP PENGARUH JARAK TANAM BERBASIS *XL SYSTEM*
MENGUNAKAN METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM MAMDANI**

SKRIPSI

Oleh:

ANDI ZAKKI ZAMANI

NIM. 08650128

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:

Tanggal, 30 Januari 2013

Pembimbing I,

Pembimbing II,

SUHARTONO, M.Kom

NIP. 19680519 200312 1 001

ACH. NASHICHUDDIN, M.A

NIP. 19730705 200003 1 002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika

RIRIEN KUSUMAWATI, M.Kom

NIP. 197203092005012002

**SIMULASI PERTUMBUHAN TANAMAN WORTEL
TERHADAP PENGARUH JARAK TANAM BERBASIS *XL SYSTEM*
MENGUNAKAN METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM MAMDANI**

SKRIPSI

Oleh :

ANDI ZAKKI ZAMANI

NIM. 08650128

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

Tanggal, 30 Maret 2013

Susunan Dewan Penguji:

Tanda Tangan

- | | | |
|--|---|---|
| 1. Penguji Utama : Muhammad Faisal, M.T
NIP.19740510 200501 1 007 | (|) |
| 2. Ketua : Zainal Abidin, M.Kom
NIP.19760613 200501 1 004 | (|) |
| 3. Sekretaris : Suhartono, M.Kom
NIP.19680519 200312 1 001 | (|) |
| 4. Anggota : Ach. Nashichuddin, M.A
NIP.19730705 200003 1 002 | (|) |

Mengesahkan,

Ketua Jurusan Teknik Informatika

Ririen Kusumawati, M.Kom

NIP. 197203092005012002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andi Zakki Zamani

NIM : 08650128

Jurusan : Teknik Informatika

Menyatakan bahwa skripsi yang saya buat untuk memenuhi persyaratan kelulusan pada Fakultas Sains dan Teknologi, Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dengan judul **SIMULASI PERTUMBUHAN TANAMAN WORTEL TERHADAP PENGARUH JARAK TANAM BERBASIS XL SYSTEM MENGGUNAKAN METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM MAMDANI** ini adalah hasil karya sendiri dan bukan duplikasi karya orang lain baik sebagian ataupun keseluruhan, kecuali dalam bentuk kutipan yang telah disebutkan sumbernya. Selanjutnya apabila di kemudian hari ada Klaim dari pihak lain, bukan menjadi tanggung jawab dosen pembimbing dan atau pengelola Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang tetapi menjadi tanggung jawab saya sendiri.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan apabila pernyataan ini tidak benar, saya bersedia mendapatkan sanksi akademis.

Malang, 6 April 2013

Yang membuat pernyataan,

ANDI ZAKKI ZAMANI

NIM. 08650128

MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بَدِيعُ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ ۖ وَإِذَا قَضَىٰ أَمْرًا فَإِنَّمَا يَقُولُ لَهُ
كُنْ فَيَكُونُ (البقرة: 117)

*"Allah Pencipta langit dan bumi, dan bila Dia berkehendak (untuk menciptakan) sesuatu, maka (cukuplah) Dia hanya mengatakan kepadanya: "Jadilah!" Lalu jadilah ia."
(Al-Baqarah: 117)*

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT Sang Maha
Pencipta dan Pemilik seluruh Alam

Kupersembahkan Karya sederhana ini Kepada semua orang yang
mencintainya

Ayah dan Ibuku, yang telah mengasahi dan merawatku dari lahir
hingga dewasa, kasih dan sayang kalian hanya bisa kubalas dengan
kebanggaan karena telah melahirkanku.

Fahmi Zakki Zamani, Hilmi Zakki Zamani dan Ainun Aulia R.
terimakasih atas do'anya, semoga ini bisa berguna bagi kalian. Serta
seluruh keluarga besarku yang telah mendoakanku sehingga aku
dapat menyelesaikan skripsi ini

Dosen-dosen Teknik Informatika khususnya pembimbing skripsiku
Bpk Suhartono dan Bpk Nashichuddin serta semua dosen

Teknik informatika

Teman-teman Teknik Informatika angkatan 2008

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji bagi Allah SWT, atas rahmat, taufik dan karunia-Nya, penulis telah dapat menyusun skripsi ini sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan program S1 dalam bidang Teknik Informatika, pada Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada nabi besar Muhammand S.A.W. semoga kita mendapatkan syafa'atnya di hari akhir nanti.

Penulis menyadari bahwa proses penyusunan skripsi ini banyak mendapat bimbingan dan arahan dari berbagai pihak, oleh karena itu selayaknya penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Kedua orang tua yang senantiasa memberikan dukungan berupa moral, material dan do'a sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.
2. Kakak dan adik-adikku, Indah Zakia Zamania, Fahmi Zakki Zamani, Hilmi Zakki Zamani, dan Ainun Aulia R terima kasih akan do'a dan dukungan kalian.
3. Bapak Suhartono, M.Kom selaku pembimbing sains yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran serta memberikan arahan dan masukan yang sangat berguna dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Ach. Nashichuddin, M.A selaku pembimbing agama yang telah bersedia memberikan pengarahan keagamaan dalam penyelesaian skripsi ini.

5. Bapak Ainul Yaqin, M.Kom selaku dosen wali yang telah memberikan nasehat serta semangat kepada penulis selama menjalani perkuliahan.
6. Ibu Ririen Kusumawati, M.Kom selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
7. Bapak Zainal Abidin, M.Kom dan Segenap dosen dan staf pengajar, terima kasih atas semua ilmu yang telah diberikan.
8. Bapak Wibowo yang telah membantu penelitian ini, terima kasih atas bimbingan dan bantuan yang telah diberikan.
9. Sahabat-sahabat Laskar D'Carti yang selalu penuh dengan canda tawa, khususnya kepada Bayu S Hakim, Fajar L Anwari, Agus Widiansyah, Fikri M Hisyam dan Velly Nindi Tursinei. Terimakasih atas semua bantuan dan motivasinya.
10. Sahabat-sahabat kontrakan 16 A. terima kasih atas kritik dan sindiranya sehingga memacu penulis untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
11. Dan kepada seluruh pihak yang mendukung penulisan skripsi yang tidak dapat disebutkan satu persatu penulis ucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya. Semoga penulisan laporan skripsi ini bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, dan mengandung banyak kekurangan, sehingga dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca.

Malang, 30 Maret 2013

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
HALAMAN MOTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II	7
2.1 Pengertian Simulasi	7
2.1.1 Model-model Simulasi	7
2.2 Pertumbuhan	8
2.2.1 Pertumbuhan Pada Tumbuhan	9
2.3 Pertumbuhan Tanaman Dalam Perspektif Alquran	11
2.4 Tanaman Wortel	20
2.5 Jarak Tanam	24
2.6 Penyiangan Gulma	25
2.7 XL-System	26
2.8 Logika Fuzzy	28
2.8.1 Pengertian Logika Fuzzy	28
2.8.2 Himpunan Fuzzy	30
2.8.3 Fungsi Keanggotaan	32
2.8.4 Oprator Dasar	34
2.8.5 Fuzzy Mamdani	35
BAB III	37
3.1 Rancangan Penelitian	37
3.1.1 Objek Penelitian	38
3.1.2 Variabel Penelitian	38
3.1.3 Tempat dan Waktu	38

3.1.4 Alat dan Bahan	39
3.2 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	39
3.2.1 Persiapan Lahan	39
3.2.2 Penyiapan Bibit Tanaman	42
3.2.3 Penanaman dan Pemeliharaan	42
3.3 Pengambilan Data	44
3.4 Analisa dan Desain	45
3.4.1 Pengolahan Data	45
3.5 Desain Sistem	46
3.5.1 Input	47
3.5.2 Proses	47
3.5.3 Output	56
3.6 Tahap Implementasi	56
BAB IV	58
4.1 Implementasi Program	58
4.1.1 Instalasi Program	58
4.2 Pembuatan dan Pengujian Program	58
4.3 Hasil Program	70
4.4 Evaluasi Program	71
4.5 Simulasi Tanaman Wortel Dalam Pandangan Islam	76
BAB V	80
5.1 Kesimpulan	80
5.2 Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN	86

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kombinasi perlakuan tanam	37
Tabel 3.2 Rincian perlakuan kelompok tanaman	41
Tabel 3.3 Waktu Penyiangan	44
Tabel 3.4 Rata-rata data tanaman	45
Table 3.5 Himpunan variabel input <i>fuzzy</i> jarak tanam (j)	48
Table 3.6 Himpunan variabel input <i>fuzzy</i> waktu penyiangan (w)	49
Tabel 3.7 Himpunan variabel output fuzzy jumlah ranting (r)	51
Tabel 3.8 Aturan fuzzy hasil dari variasi pemberian jarak tanam dan waktu penyiangan	52
Tabel 4.1 Perbandingan data lapangan dan hasil program pada pengukuran ke-1	72
Tabel 4.2 Penjelasan perhitungan	73
Tabel 4.3 Perbandingan data lapangan dan hasil program pada pengukuran ke-2	74
Tabel 4.4 Perbandingan data lapangan dan hasil program pada pengukuran ke-3	74
Tabel 4.5 Perbandingan data lapangan dan hasil program pada pengukuran ke-4	75
Tabel 4.6 Perbandingan data lapangan dan hasil program pada pengukuran ke-5	75
Tabel 4.7 Hasil akhir perbandingan	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Wortel yang menyehatkan	21
Gambar 2.2. Gulma	26
Gambar 2.3 Representasi linier naik	32
Gambar 2.4 Representasi linier turun	33
Gambar 2.5 Representasi kurva segitiga	34
Gambar 3.1 Lahan Penanaman	40
Gambar 3.2 Tanaman Obserfasi	45
Gambar 3.3 Desain Alur Sistem Keseluruhan Proses Program	46
Gambar 3.4 Diagram alur sistem	47
Gambar 3.5 Himpunan variabel input <i>fuzzy</i> jarak tanam	49
Gambar 3.6 Himpunan variabel input <i>fuzzy</i> waktu penyiangan	50
Gambar 3.7 Himpunan variabel input <i>fuzzy</i> jumlah ranting	51
Gambar 3.8 contoh daerah hasil komposisi	55
Gambar 3.9 Desain Simulasi	57
Gambar 4.1 Textur tanaman	70
Gambar 4.2 Hasil simulasi tanaman	70
Gambar 4.3 Hasil tampilan pertumbuhan	71
Gambar 4.4 Grafik Pertumbuhan	71

ABSTRAK

Zamani, Andi. Zakki. 2013. **Simulasi Pertumbuhan Tanaman Wortel Terhadap Pengaruh Jarak Taman Berbasis XL System Menggunakan Metode Fuzzy Inference System Mamdani.**
Pembimbing : (I) Suhartono, M.Kom, (II) Ach. Nashichuddin, M.A.

Kata Kunci : Pertumbuhan, Jarak Tanam, Waktu Penyiangan, *XL-system*, Fuzzy mamdani.

Tanaman wortel adalah salah satu sayuran yang paling dibutuhkan oleh masyarakat selain sering digunakan sebagai campuran dalam berbagai masakan, wortel juga memiliki banyak hal lain yang dapat dimanfaatkan. seperti umbinya tidak hanya dapat digunakan sebagai sayur atau bahan pelengkap dalam masakan Sup, akan tetapi bisa diolah lebih lanjut sehingga memiliki nilai jual yang lebih tinggi lagi. seperti diolah menjadi Keripik Wortel, Dodol Wortel, Selai Wortel, Sari Wortel, dan lain sebagainya.

Salah satu usaha yang dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan tanaman wortel adalah dengan melakukan serangkaian penelitian dari beberapa variasi jarak tanam dan waktu penyiangan. Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan pertumbuhan tanaman wortel dan memperkirakan jumlah ranting tanaman. Sekarang ini pendekatan dalam mempelajari proses pertumbuhan tanaman wortel telah mampu dianalisis dalam bentuk simulasi. Salah satunya adalah simulasi pertumbuhan tanaman berbasis *XL System*. Dengan teknologi ini pertumbuhan tanaman dari dapat diketahui. Disamping itu metode fuzzy mamdani digunakan untuk memperkirakan jumlah ranting.

XL-System (eXtended Lindenmayer System) merupakan penerapan dari bahasa pemrograman *XL* ini merupakan bahasa pemrograman java yang mengimplementasikan Relational Growth Grammars (RGG). *XL* dibangun dengan menggabungkan bahasa java dan library java dan menerapkan aturan *L-System*. Bahasa *XL* biasa digunakan sebagai bahasa pemodelan untuk membuat model data yang spesifik.

Dalam kondisi yang nyata, beberapa aspek dalam dunia nyata selalu atau biasanya berada diluar model matematis dan bersifat *inexact*. Pada prinsipnya himpunan *fuzzy* adalah perluasan himpunan *crisp*, yaitu himpunan yang membagi sekelompok individu kedalam dua kategori, yaitu anggota dan bukan anggota. Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu *item* x dalam suatu himpunan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A [x]$, memiliki 2 kemungkinan, yaitu 1 dan 0.

Berdasarkan perlakuan dari komposisi Jarak tanam dan Waktu Penyiangan, hasil simulasi telah mampu menggambarkan pola pertumbuhan dan perkembangan tanaman wortel dengan rata-rata persentase akurasi dari jumlah ranting pada percobaan sebesar 83,07%.

ABSTRACT

Zamani, Andi. Zakki. 2013. **Simulation Of The Influence Of The Carrot Plant Growth Within The Park-Based XL System Using Fuzzy Inference System Mamdani Method**. Supervisor: (I) Suhartono, M. Kom, (II) Ach. Nashichuddin, M. A.

Key words: growth, Trunks, While Weeding, XL-system, mamdani Fuzzy

Plant carrots are one of the vegetables that are most needed by people other than the often used as mixed in a variety of dishes, carrots also have many other things that can be utilized. like won't be matter not only can be used as a vegetable or Soup garnish in the dish, but can be further processed so it has a higher value. as processed into Chips carrot, Dodol Carrot, Carrot Jam Lunthead, Carrot Juice, etc.

One of the efforts made to find out the carrot plant growth is to do a series of studies of several trunks and time variation of weeding. This research aims to simulate the carrot plant growth and estimate the number of twigs of the plant. Now this approach in studying the process of plant growth of carrot have been able to be analyzed in the form of simulation. One was the simulation crop growth-based XL System. With this technology the growth of plants. The method of fuzzy mamdani is used to estimate the number of twigs.

XL-System (eXtended Lindenmayer System) is an implementation of the pemrograman XL is a java language pemrograman which implements the Relational Growth Grammars (RGG). XL is built by combining java and java libraries and apply the rules of the L-System. The language used as the language of the XL modeling to create a specific data model.

In real conditions, some aspects of the real world always or usually reside outside of mathematical model and are inexact. On principle of fuzzy sets is an extension set crisp, i.e. set that divides a group of individuals into two categories, members and non-members. On the set of assertive (crisp), the value of membership an item x in a set A , which is often written with a $\mu_A [x]$, has two possibilities, namely 1 and 0.

Based on the treatment of trunks and time Weeding, the results of the simulation have been able to describe the pattern of growth and development of plants a carrot with an average percentage of accuracy of the twig on the experiment of 83,07%.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman wortel adalah salah satu sayuran yang paling dibutuhkan oleh masyarakat selain sering digunakan sebagai campuran dalam berbagai masakan, wortel juga memiliki banyak hal lain yang dapat dimanfaatkan. seperti umbinya tidak hanya dapat digunakan sebagai sayur atau bahan pelengkap dalam masakan Sup, akan tetapi bisa diolah lebih lanjut sehingga memiliki nilai jual yang lebih tinggi lagi. seperti diolah menjadi Keripik Wortel, Dodol Wortel, Selai Wortel, Sari Wortel, dan lain sebagainya.

Pengembangan olahan wortel tidak hanya terbatas pada bidang kuliner, akan tetapi sampai bidang obat-obatan dan kosmetik karena kaya akan vitamin A dan karoten. Vitamin A ini sangat penting untuk kesehatan dan kemulusan kulit, dan karoten dalam umbi wortel bermanfaat untuk menjaga kelembapan kulit, melembutkan kulit, dan memperlambat timbulnya kerutan pada wajah, sehingga wajah selalu tampak berseri. Selain itu daun tanaman wortel juga berkhasiat untuk mengobati beberapa jenis penyakit, misalnya luka-luka dalam mulut, sariawan dan pendarahan gusi (Ir. Bambang Cahyono, 2002).

Dengan mengembangkan olahan wortel lebih jauh dapat meningkatkan nilai jual dari tanaman wortel dan secara otomatis akan meningkatkan pendapatan

masyarakat secara tidak langsung mengubah keadaan mereka. Sebagai mana firman Allah dalam Al-Quran surat Ar Ra'd ayat 11:

إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ ۗ

Artinya: *Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri (Qs. Ar Ra'd:11)*

Untuk bisa mengembangkan dan mengolah wortel sampai menjadi suatu produk yang memiliki nilai jual tinggi tentu saja diperlukan juga pengetahuan. Salah satunya pengetahuan tentang pertumbuhan dari tanaman. Karena tanaman dengan pertumbuhan yang baik bisa meningkatkan kualitas dan produktifitas. Dalam hal pertumbuhan, Allah telah memberikan petunjuk dengan cukup jelas sebagai tanda-tanda kekuasaan-Nya.

Sebagaimana firman Allah dalam Al-Quran surat Al-An'am ayat 99 yang berbunyi:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا
 نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِن طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِّنْ أَعْنَابٍ
 وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ ۗ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۗ إِنَّ فِي
 ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

Artinya: *“Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau, Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak, dan dari mayang kurma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima*

yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohon nya berbuah, dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman". (Qs. Al-An'am: 99).

Salah satu usaha yang dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan tanaman wortel adalah dengan melakukan serangkaian penelitian dari beberapa variasi jarak tanam. Sri setyati harjadi (1989) mengemukakan bahwa jarak tanam akan mempengaruhi populasi tanaman, koefisien penggunaan cahaya matahari serta kompetisi antar tanaman untuk mendapatkan air dan zat hara yang pada akhirnya akan mempengaruhi hasil (U Sumpena dan Irni Melani, 2005).

Saat ini teknologi untuk mempelajari proses pertumbuhan tanaman telah dilakukan dengan melalui pendekatan ilmu teknologi informasi. Salah satunya adalah dalam bentuk simulasi pertumbuhan tanaman. Dengan teknologi ini kita dapat mengetahui pertumbuhan tanaman dari waktu ke waktu. Sehingga informasi yang didapatkan lebih lengkap tidak hanya terbatas pada hasil akhir.

Studi karakteristik tanaman dilakukan dengan cara membuat pemodelan pertumbuhan tanaman sehingga diharapkan mampu menganalisis dan mengabungkan bentuk pemodelan kehidupan buatan yang meyerupai lingkungan alamiah. Pemodelan pertumbuhan tanaman yang menggambarkan unsur hayati tanaman yang bersifat dinamis dan kompleks akan dilakukan dengan pendekatan menggunakan metode *XL-System*.

Terkait dengan metode *XL-System*, sebelumnya telah lebih dulu dilakukan penelitian tentang penerapan metode *XL-System* pada simulasi pertumbuhan tanaman bunga krisan. Penelitian sebelumnya yang berjudul *Function Structure*

Plant Model Pertumbuhan Tanaman Bunga *Chrysanthemum Indicum Pink* Terhadap Pengaruh Pemberian Pupuk MKP Berbasis *XL-System*. Ini dilakukan oleh Fahrizal Zulqifli. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh Pemberian Pupuk MKP terhadap pertumbuhan bunga krisan.

Dari penjelasan diatas, maka penulis ingin meneliti dengan judul simulasi pertumbuhan tanaman wortel terhadap pegraruh jarak tanam berbasis *XL-System* menggunakan metode *Fuzzy Inference System Mamdani*. bertujuan untuk memahami proses prtumbuhan dari tanaman wortel terhadap pengaruh jarak tanam.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas maka dapat diambil rumusan masalahnya bagaimana membangun simulasi pertumbuhan tanaman wortel terhadap pengaruh jarak tanam berbasis *XL-System* menggunakan metode *Fuzzy Inference System Mamdani*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat simulasi pertumbuhan tanaman wortel terhadap pengaruh jarak tanam berbasis *XL-System* menggunakan metode *Fuzzy Inference System Mamdani*.

1.4 Manfaat Penelitian

Sedangkan manfaat dari penelitian ini adalah:

- a. Dapat dijadikan acuan sebagai penentu jarak tanam yang tepat untuk memperoleh hasil tanaman wortel dengan kualitas terbaik.
- b. Dapat mengetahui pertumbuhan tanaman wortel secara simulasi terhadap berbagai macam jarak tanam.
- c. Untuk masa depan kelak bisa dijadikan sebagai referensi untuk melakukan penelitian lebih lanjut.

1.5 Batasan Masalah

Dari permasalahan diatas, dapat diberikan batasan masalah sebagaimana berikut:

1. Objek yang digunakan adalah morfologi tanaman wortel, dalam hal ini yang digunakan adalah jumlah ranting sebagai variabel fuzzy.
2. Variable yang digunakan adalah jarak tanam (10, 15, 20 cm) dan waktu penyiangan (tanpa penyiangan, 7, dan 14 hari).
3. Jumlah ranting yang di hitung adalah dari tangkai tertinggi tiap-tiap tanaman wortel.
4. Penanaman dilakukan di ruang kebun dengan lama penanaman 50 hari
5. Metode yang digunakan untuk menentukan jumlah ranting adalah *Fuzzy Inference Sysyem Mamdani*.
6. Penelitian dan pemodelan hanya pada bagian atas tanaman/ranting.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan, maka laporan ini disusun berdasarkan sistematika sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Batasan Masalah, dan Sistematika Penulisan Laporan Skripsi.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori yang mendukung dan berhubungan dengan judul penelitian, yaitu tanaman wortel, jarak tanam, waktu penyiangan, XL System dan *Fuzzy mamdani*.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang prosedur penelitian, perencanaan system dan pemecahan masalah sesuai dengan judul penulisan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang implementasi dari aplikasi yang di buat secara keseluruhan. Serta melakukan pengujian terhadap aplikasi tersebut untuk mengetahui bahwa aplikasi dapat berjalan sesuai dengan tujuan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran yang diharapkan dapat bermanfaat untuk pengembangan pembuatan program selanjutnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Simulasi

Menurut kamus besar bahasa Indonesia Simulasi adalah 1) metode penelitian yang meragakan sesuatu di bentuk tiruan yang mirip dengan keadaan yang sesungguhnya; 2) penggambaran suatu sistem atau proses dengan peragaan berupa model statistik atau pemeranan (Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1996).

Schroeder (1997) dalam Andika Putra. Dkk (2012) mengatakan “Simulasi adalah suatu teknik yang dapat digunakan untuk memformulasikan dan memecahkan model-model dari golongan yang luas. Golongan atau kelas ini sangat luasnya sehingga dapat dikatakan, ‘Jika semua cara yang lain gagal, cobalah simulasi’ ”.

Law and Kelton (1991) dalam Ahmad dan Rohmat (2011) juga mengatakan “Simulasi merupakan suatu teknik meniru operasi-operasi atau proses-proses yang terjadi dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah”.

2.1.1 Model - Model Simulasi

Model-model simulasi yang ada dapat dikelompokkan ke dalam beberapa menjadi beberapa bagian, antara lain :

a. Model Deterministik

Pada model ini tidak diperhatikan unsur random, sehingga pemecahan masalahnya menjadi lebih sederhana.

b. Model Dinamik

Model simulasi yang dinamik adalah model yang memperhatikan perubahan-perubahan nilai dari variabel-variabel yang ada kalau terjadi pada waktu yang berbeda.

c. Model Statik

Model statik adalah kebalikan dari model dinamik, Model statik tidak memperhatikan perubahan-perubahan nilai dari variabel-variabel yang ada kalau terjadi pada waktu yang berbeda.

d. Model Heuristik

Model heuristik adalah model yang dilakukan dengan cara coba-coba, kalau dilandasi suatu teori masih bersifat ringan, langkah perubahannya dilakukan berulang-ulang, dan pemilihan langkahnya bebas, sampai diperoleh hasil yang lebih baik, tetapi belum tentu optimal (Andika Putra. tim, 2012).

2.2 Pertumbuhan

Pertumbuhan berasal dari kata tumbuh jadi pengertian pertumbuhan harus dilihat dari pengertian kata tumbuh. Pengertian kata tumbuh menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah 1) timbul (hidup) dan bertambah besar atau sempurna, 2) sedang berkembang (menjadi besar, sempurna, dan sebagainya), 3) timbul; terbit; terjadi (sesuatu) (Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1996).

Pertumbuhan merupakan bertambahnya ukuran makhluk hidup, misalnya penambahan volume, massa, tinggi, dan ukuran lain yang dapat dihitung. (Ari Damari, 2008)

2.2.1 Pertumbuhan Pada Tumbuhan

Dalam Blog bebas.vlsm.org disebutkan bahwa secara umum pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan diawali untuk stadium zigot yang merupakan hasil pembuahan sel kelamin betina dengan jantan. Pembelahan zigot menghasilkan meristem yang akan terus membelah dan mengalami diferensiasi. Diferensiasi adalah perubahan yang terjadi dari keadaan sejumlah sel, membentuk organ-organ yang mempunyai struktur dan fungsi yang berbeda.

Terdapat 2 macam pertumbuhan, yaitu:

a. Pertumbuhan Primer

Terjadi sebagai hasil pembelahan sel-sel jaringan meristem primer. Berlangsung pada embrio, bagian ujung-ujung dari tumbuhan seperti akar dan batang.

Embrio memiliki 3 bagian penting yaitu tunas embrionik yaitu calon batang dan daun, akar embrionik yaitu calon akar, dan kotiledon yaitu cadangan makanan

Pertumbuhan tanaman dapat diukur dengan alat yang disebut auksanometer. Daerah pertumbuhan pada akar dan batang berdasar aktivitasnya terbagi menjadi 3 daerah.

- Daerah pembelahan

Sel-sel di daerah ini aktif membelah (meristematik)

- Daerah pemanjangan

Berada di belakang daerah pembelahan

- Daerah diferensiasi

Bagian paling belakang dari daerah pertumbuhan. Sel-sel mengalami diferensiasi membentuk akar yang sebenarnya serta daun muda dan tunas lateral yang akan menjadi cabang.

b. Pertumbuhan Sekunder

Merupakan aktivitas sel-sel meristem sekunder yaitu kambium dan kambium gabus. Pertumbuhan ini dijumpai pada tumbuhan dikotil, gymnospermae dan menyebabkan membesarnya ukuran (diameter) tumbuhan.

Mula-mula kambium hanya terdapat pada ikatan pembuluh, yang disebut kambium vasis atau kambium intravasikuler. Fungsinya adalah membentuk xilem dan floem primer.

Selanjutnya parenkim akar/batang yang terletak di antara ikatan pembuluh, menjadi kambium yang disebut kambium intervasis. Kambium intravasis dan intervasis membentuk lingkaran tahun yang berbentuk konsentris.

Kambium yang berada di sebelah dalam jaringan kulit yang berfungsi sebagai pelindung. Terbentuk akibat ketidakseimbangan antara pembentukan xilem dan floem yang lebih cepat dari pertumbuhan kulit.

- ke dalam membentuk feloderm : sel-sel hidup
- ke luar membentuk felem : sel-sel mati.

2.3 Pertumbuhan Tanaman Dalam Perspektif Al Qur'an

Terkait dengan masalah pertumbuhan tanaman, dalam Al Qur'an ada beberapa ayat yang menyinggung tentang pertumbuhan tanaman. Berikut ini antara lain ayat-ayat yang berkenaan dengan pertumbuhan tanaman dalam Al Qur'an.

Allah menjelaskan tentang proses-proses pertumbuhan tanaman yang termaktub dalam Surat Al-An'am ayat 99:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرَجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ النَّخْلِ قِنَوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّتٍ مِّنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ ۗ أَنْظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۗ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

Artinya:

“Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau, Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang kurma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah, dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman”. (Qs. al-An'am : 99).

Dalam *tafsir Ath-Thabari*, mengenai surat Al-An'am ayat 99 dijelaskan bahwa “Dialah Allah yang berhak disembah, tidak ada sekutu bagi-Nya. Dialan Tuhan yang telah menurunkan air dari langit.

“Lantas dengan air itu, Kami keluarkan makanan bagi binatang, burung, binatang liar, dan rezeki bagi manusia.” Mereka memakannya, lantas tumbuh berkembang.

Jadi makna dari firman Allah diatas adalah, Kami mengeluarkan dengannya sesuatu yang menjadikan lainnya berkembang.

“Lalu dari air itu Kami mengeluarkan tumbuhan yang hijau segar.” *Al khadhru* dalam bahasa arab berarti hijau. Atau juga bisa diartikan dengan sayuran yang hijau.

“Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak. Maksudnya adalah yang ada dalam tangkai, seperti tangkai gandum, padi, dan lainnya yang memiliki butir saling menumpuk.

Takwil firman Allah (*Dan dari mayang kurma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai*).

Abu Ja’far berkata : Allah SWT menyatakan, “dari mayang kurma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai. Oleh karena itu, tangkai-tangkai itu diangkat.”

Takwil firman Allah: (*Dan kebun-kebun anggur, dan [Kami keluarkan pula] zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa*).

Abu Ja’far berkata: Allah SWT menyatakan, “Demikian pula Kami mengeluarkan kebun-kebun anggur. Menurut Abu Ja’far, makna ayat tersebut adalah, “Pohon zaitun dan delima.” Tanpa menyebutkan kata pohon dalam ayat, karena menganggap cukup dengan menyebutkan buahnya.

Takwil firman Allah: (*Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda [kekuasaan Allah] bagi orang-orang yang beriman*).

Abu Ja'far berkata: Allah menyatakan, “ Dalam semua itu, yakni ketika Allah SWT menurunkan air hujan dari langit, yang dengan bahan-bahan pertumbuhan keluar. Tumbuhan juga mengeluarkan butir yang banyak. Juga segala perkara yang Allah SWT sebutkan dalam ayat sebelumnya. Dalam semua itu ada tanda bagi kalian wahai manusia. Ketika kalian memperhatikan buah yang keluar, lantas menjadi matang, serta ketika kalian melihat ragam bentuk dan warnanya, kalian akan mengetahui bahwa ada pengaturnya yang tidak serupa baginya-Nya, dan hanya Dia yang berhak disembah.

“*Bagi orang-orang yang berima,*” maksudnya adalah bagi kaum yang membenarkan keesaan Allah dan kekuasaannya atas segala sesuatu.

Menurut *tafsir dari Departemen Agama*, yaitu sesudah Allah SWT menjelaskan kejadian hal-hal yang menjadi kebutuhan manusia sehari-hari, agar mereka secara mudah dapat memahami kekuasaan, kebijaksanaan, serta pengetahuan Allah SWT yang menjelaskan bahwa Allah lah yang menurunkan hujan dari langit, yang menyebabkan tumbuhnya berbagai jenis tumbuh-tumbuhan yang terdiri dari berbagai ragam bentuk, macam dan rasa.

Hujan diturunkan dari langit, kata sama' atau langit digunakan untuk apa saja yang berada di atas. Sedang yang dimaksud dengan sama' dalam ayat ini adalah sahab yang berarti awan. Allah menjelaskan bahwa air adalah sumber bagi tumbuhnya segala macam tumbuhan yang beraneka ragam jenis dan rasanya. Diantaranya rerumputan yang tumbuh berumpun-rumpun sehingga terlihat menghijau, pepohonan yang berbunga serta pepohonan yang mengeluarkan buah yang berbentuk butiran-butiran kecil yang terhimpun dalam sebuah tangkai, yang

memiliki keanekaragaman bentuk dan rasa. Semua itu agar manusia dapat mengetahui betapa besar kekuasaan Allah mengatur kehidupan makhluk hidup termasuk didalamnya tumbuhan itu (Syaikh Ahmad Muhammad Syakir dan Syaikh Mahmud Muhammad Syakir, 2008).

Sedangkan Dalam *tafsir Jalalain* dijelaskan bahwa “(Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan) dalam ayat ini terkandung iltifat dari orang yang ketiga menjadi pembicara (dengan air itu) yakni dengan air hujan itu (segala macam tumbuh-tumbuhan) yang dapat tumbuh (maka Kami keluarkan darinya) dari tumbuh-tumbuhan itu sesuatu (tanaman yang hijau) yang menghijau (Kami keluarkan darinya) dari tanaman yang menghijau itu (butir yang banyak) yang satu sama lainnya bersusun seperti bulir-bulir gandum dan sejenisnya (dan dari pohon kurma) menjadi khabar dan dijadikan sebagai mudal minhu (yaitu dari mayangnya) yaitu dari pucuk pohonnya; dan muhtadanya ialah (keluar tangkai-tangkainya) tunas-tunas buahnya (yang mengurai) saling berdekatan antara yang satu dengan yang lainnya (dan) Kami tumbuhkan berkat air hujan itu (kebun-kebun) tanaman-tanaman (anggur, zaitun dan delima yang serupa) dedaunannya; menjadi hal (dan yang tidak serupa) buahnya (perhatikanlah) hai orang-orang yang diajak bicara dengan perhatian yang disertai pemikiran dan pertimbangan (buahnya) dengan dibaca fathah huruf tsa dan huruf mimnya, atau dibaca dhammah keduanya sebagai kata jamak dari tsamrah; perihalnya sama dengan kata syajaratun jamaknya syajarun, dan khasyabatun jamaknya khasyabun (di waktu pohonnya berbuah) pada awal munculnya buah; bagaimana keadaannya? (dan) kepada (kematangannya) artinya kemasakannya,

yaitu apabila telah masak; bagaimana keadaannya. (Sesungguhnya yang demikian itu ada tanda-tanda) yang menunjukkan kepada kekuasaan Allah swt. dalam menghidupkan kembali yang telah mati dan lain sebagainya (bagi orang-orang yang beriman) mereka disebut secara khusus sebab hanya merekalah yang dapat memanfaatkan hal ini untuk keimanan mereka, berbeda dengan orang-orang kafir” (Jalaluddin Asy-Syuyuthi & Jalaluddin Muhammad Ibn Ahmad Al-Mahalliy, 2009).

Selain didalam surat Al-an’am ayat 99, Allah juga menjelaskan tentang tanaman yang beragam bentuk dan rasanya. Seperti firman Allah dalam surat Ar-Ra’d ayat 4:

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُتَجَاوِرَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ وَزُرْعٌ وَنَخِيلٌ وَصِنَوَانٌ غَيْرٌ
 صِنَوَانٍ يُسْقَى بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفِضَلُ بَعْضُهَا عَلَىٰ بَعْضٍ فِي الْأُكُلِ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ
 لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿٤﴾

Artinya:

"Dan di bumi ini terdapat bagian-bagian yang berdampingan dan kebun-kebun anggur, tanam-tanaman dan pohon kurma yang bercabang dan yang tidak bercabang, disirami dengan air yang sama. Kami melebihkan sebagian tanaman-tanaman itu atas sebagian yang lain tentang rasanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berfikir." (Qs. Ar-Ra'd : 4)

Berkenaan dengan surat Ar-Ra’d ayat 4, menurut tafsir *Ibnu Katsir*, kalimat (*"Dan di bumi ini terdapat bagian-bagian yang berdampingan*).

Maksudnya adalah, tanah-tanah yang berdekatan antara satu dengan yang lain, pada bagian ini tanahnya baik, menumbuhkan tanaman yang berguna bagi manusia, sedang di bagian yang lain tanahnya berpasir asin tidak menumbuhkan

sesuatu dari tanaman. Termasuk dalam ayat ini, yaitu perbedaan warna tanah yang ada di bumi ini, ada yang berwarna merah, putih, kuning, hitam, berbatu, berpasir, keras, lembut, dan lain-lainnya, tetapi semuanya berdekatan, dan masing-masing tetap pada sifat-sifatnya.

“*Dan kebun-kebun anggur, tanaman-tanaman , dan pohon kurma.*” Kedua kata *zar’un* dan *nakhiilun* dapat diathafkan kepada kata *jannatun*, jadi dibaca *marfu’*, dan dapat diathafkan kepada kata *a’naabin*, jadi dibaca *majrur*.

Firman Allah : “*Yang bercabang dan yang tidak bercabang.*” *Shinwaan* adalah pokok yang berkumpul pada satu tempat tumbuh, seperti pohon delima dan tiin dan sebagian pohon kurma dan lain-lain, sedangkan *ghairu shinwaan* adalah yang tumbuh pada satu pokok seperti kebanyakan pohon.

Firman Allah: “*Disirami dengan air yang sama. Kami melebihkan sebagian tanaman-tanaman itu atas sebagian yang lain tentang rasanya*”. Maksudnya adalah, perbedaan dalam jenis buah-buahan dan tanaman itu dari segi bentuk, warna, rasa, bau, daun, dan bunganya. Ada yang sangat manis ada yang sangat asam, sangat pahit, sepet, segar, dan ada yang bermacam-macam rasanya, kemudian ada yang berubah rasa dengan izin Allah. Ada yang berwarna kuning, merah, putih, hitam, biru, dan lain-lain. Demikian juga dengan beraneka macamnya warna bunga, padahal semuanya berasal dari satu zat alam yang sama yaitu air, tetapi menghasilkan tumbuh-tumbuhan dan buah yang beraneka macam warna dan rasa yang tidak terhitung. Sesungguhnya dalam hal-hal seperti itu terdapat tanda-tanda kebesaran Allah bagi orang-orang yang menyadarinya.

Hal itu termasuk tanda-tanda yang sangat besar yang menunjukkan adanya Pelaku yang bebas berbuat, yang dengan kekuasaan-Nya dapat membuat sesuatu yang beraneka ragam dan menjadikannya sesuai dengan keinginan-Nya. Oleh sebab itu Allah berfirman: *“Sesungguhnya pada hal yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berfikir”* (Dr. Abdulah bin Muhammad: 2007).

Menurut tafsir Al-Aisar, *“Dan di bumi ini terdapat bagian-bagian yang berdampingan,”* yaitu sebagai hamparan tanah saling berdampingan dengan sebagian yang lain, ini tanah yang baik, ini tanah yang buruk ada yang berair dan ada juga yang tidak, di bumi juga terdapat kebun-kebun anggur, korma dan lainnya. *“Yang bercabang”* pada satu tangkai terdapat dua atau tiga cabang buah kurma, *“dan yang tidak bercabang”* setiap satu buah kurma berdiri pada satu tangkai. Firman Allah *“disirami ... yaitu anggur-anggur, tanaman-tanaman, dan kurma-kurma itu ”dengan air yang sama kami melebihkan sebagian tanaman itu atas bagian yang lain tentang rasanya”* apa yang dapat dirasakan ada yang manis, asam, lezat, atau tidak enak rasanya. Sesungguhnya dalam hal ini terdapat tanda-tanda kebasaran Allah bagi orang-orang yang mau berfikir (Syaiikh Abu Bakar Jabir Al Jazairi: 2007).

Menurut tafsir Al-Maraghi, dalam ayat tersebut dijelaskan bahwasanya di muka bumi ini terdapat belahan-belahan tanah yang saling berdekatan, meskipun berbeda-beda dengan adanya kelebihan pada masing-masing. Maka mulai dari tanah yang bergaram, yang tidak dapat ditumbuhi oleh sesuatu pun hingga tanah subur yang berdekatan dengannya dan dapat ditumbuhi oleh buah-buahan yang

terbaik dan berbagai tumbuh-tumbuhan, dari tanah yang cocok untuk menanam padi dan palawija, tidak untuk menanam pepohonan, sampai tanah lain yang berdekatan dengannya hanya cocok ditanami pepohonan, hingga tanah lain yang berdekatan dengan kedua macam tanah tersebut yang cocok untuk ditanami semua itu, diantaranya ialah tanah gembur yang berdekatan dengan tanah keras yang tidak bisa dihancurkan oleh beliung maupun alat penghancur lainnya, seperti dinamit dan bom. Di dalamnya terdapat kebun-kebun anggur, dan berbagai macam tanaman berupa biji-bijian yang menjadi makanan pokok bagi manusia dan hewan. Terdapat pula pohon kurma yang bercabang, serta pohon kurma yang tidak bercabang. Semua itu ciptaan Allah dan pengaturan-Nya yang agung terhadap makhluk. (Mushthafa, 1994)

Belahan-belahan tanah yang berdekatan, kebun-kebun, tanaman-tanaman dan pohon-pohon tersebut disiram dengan air yang sama, tidak ada perbedaan pada tabiatnya. Kemudian, meskipun ada beberapa kesamaan, maka sesuai dengan kekuasaan Allah, Dia lebihkan sebagian buah atas sebagian yang lain dalam bentuk dan ukuran, bau dan rasa, manis dan masamnya.

Allah menerangkan bahwa tanda-tanda kekuasaan seperti ini hanya dipikirkan oleh orang yang diberi akal, yang berpikir permulaan dan akibat, serta sebab dan musabab. Sebagaimana Firman Allah yang artinya *“Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berfikir”*. Pada hal-hal yang telah dijelaskan tersebut sungguh terdapat tanda-tanda kekuasaan yang jelas bagi kaum yang menggunakan akalnya. Maka orang yang melihat keluarnya buah-buahan dengan berbagai macam bentuk, warna, rasa,

dan baunya, padahal disirami oleh air yang sama dan sama pula sarana pertumbuhannya, akan memastikan bahwa semua itu mempunyai Pembuat Yang Maha Bijaksana, Maha Kuasa lagi Maha Pengatur.

Allah juga menerangkan bahwasanya kebanyakan manusia tidak beriman. Sehingga dalam ayat-ayat ini, Allah mengetengahkan beberapa dalil atas *tauhid* dan tempat kembalinya makhluk. Maka dengan mengemukakan keadaan bumi dengan gunung-gunung, sungai-sungai, bunga, berbagai buah-buahan, dan bermacam-macam hasil buahnya, Allah membuktikan adanya Tuhan Yang Maha Kuasa lagi Perkasa, Berkuasa untuk menciptakan dan mengatur segala urusan, untuk mendatangkan manfaat dan *kemudahan*, untuk menghidupkan dan mematikan, serta untuk melakukan segala hal. (Mushthafa, 1994)

Menurut tafsir *Jalalain*, dalam ayat tersebut dijelaskan “(Dan di bumi terdapat bagian-bagian) berbagai macam daerah (yang berdampingan) yang saling berdekatan; di antaranya ada yang subur dan ada yang tandus; dan di antaranya lagi ada yang kekurangan air dan yang banyak airnya; hal ini merupakan bukti-bukti yang menunjukkan kepada kekuasaan-Nya (dan kebun-kebun) ladang-ladang (anggur, tanam-tanaman) dibaca rafa', yaitu zar'un karena diathafkan kepada lafal jannatun. Kalau dibaca jar, yaitu zar'in diathafkan kepada lafal a'naabin, demikian pula firman-Nya: (dan pohon kurma yang bercabang) lafal shinwaanun adalah bentuk jamak dari kata tunggal shinwun, artinya pohon kurma yang banyak cabangnya (dan yang tidak bercabang) pohon kurma yang tidak banyak cabangnya (disirami) kalau dibaca tusqaa, artinya kebun-kebun dan pohon-pohon yang ada padanya disirami. Dan kalau dibaca yusqa, artinya hal

tersebut disirami (dengan air yang sama. Kami melebihkan) dapat dibaca *nufadhhilu* dan *yufadhhilu* (sebagian tanam-tanaman itu atas sebagian yang lain tentang rasanya) dapat dibaca *al-ukuli* dan *al-ukli*, artinya dalam hal rasa; yaitu ada yang manis dan ada yang masam. Hal ini merupakan tanda yang menunjukkan kepada kekuasaan Allah swt. (Sesungguhnya pada yang demikian itu) dalam hal tersebut (terdapat tanda-tanda bagi kaum yang berpikir) yaitu bagi orang-orang yang mau memikirkannya.” (Jalaluddin Asy-Syuyuthi & Jalaluddin Muhammad Ibn Ahmad Al-Mahalliy, 2009)

Dari berbagai tafsir surat Al An'am ayat 99 dan Ar-Ra'd ayat 4 di atas dapat disimpulkan bahwa Allah lah yang menurunkan Air hujan dan dengan air hujan itu Allah menumbuhkan berbagai jenis tumbuh-tumbuhan yang beranekaragam jenis dan rasanya, seperti rerumputan yang tumbuh menghijau, bunga-bunga dan pepohonan yang bercabang dan tidak bercabang, berbuah baik kecil atau besar dan memiliki aneka rasa. Semua itu agar manusia dapat mengetahui betapa besar kekuasaan Allah mengatur kehidupan makhluk hidup termasuk didalamnya tumbuhan itu.

2.4 Tanaman Wortel

Wortel atau carrots (*Daucus carota* L.) termasuk *family Umbeliflorea*. Umbi wortel berwarna oranye, berbau khas, dan berkulit tipis. Jika digigit terasa renyah. Awalnya terasah pahit dan semakin lama semakin terasa pedas. Ada tiga jenis wortel, yaitu wortel berumbi pendek, wortel berumbi sedang, wortel berumbi panjang. Wortel berumbi pendek terdiri dari varietas *early French frame*, *tiana*, *Amsterdam*, *forcing*, *early nantes*, *champion scarlet horn*, dan *kendulus*. Wortel

berumbi sedang terdiri varietas james, scarlet intermediate, charterna red cored, royal chantenay, dan berlium berjo. Sementara itu, wortel berumbi panjang terdiri dari varietas new red intermediate dan st. vallary. (Ir. W. P. Winarto & tim. 2004).

Perbedaan agroklimat di setiap wilayah akan menyebabkan adanya perbedaan produktivitas tanaman. Lokasi yang tidak sesuai dengan syarat tumbuh tanaman akan menyebabkan produktivitas tanaman rendah, meskipun teknik budi daya dilakukan dengan baik dan benar. (Ir. Bambang Cahyono. 2002).

Tanaman wortel cukup rentan dengan hama, jika tanaman wortel telah diserang hama maka kualitas tanaman wortel akan menurun. Hama yang paling sering menyerang tanaman wortel adalah Ulat tanah. Hama ini sering disebut uler luntung (Jawa) atau hileud taneuh (Sunda) dan “Cutworms” (Inggris). Serangga dewasa berupa kupu-kupu berwarna coklat tua, bagian sayap depannya bergaris-garis dan terdapat titik putih. Selain itu juga ada kutu daun dan lalat atau maggot. (Ir. H. Rahmat Rukmana, MBA., M.Sc. 1995).



Gambar 2.1. Wortel yang menyehatkan

Kingdom	:	Plantae(tumbuh-tumbuhan)
Divisi	:	Spermatophyta(tumbuhanberbiji)
Sub-Divisi	:	Angiospermae
Klas	:	Dicotyledonae
Ordo	:	Umbelliferales
Famili	:	Umbelliferae(Apiaceae)
Genus	:	Daucus
Spesies	:	Daucus carrota L.

Menurut Keliat, (2008) Morfologi Tanaman Wortel adalah sebagai berikut:

a. Daun

Daun wortel bersifat majemuk menyirip ganda dua atau tiga, anak-anak daun berbentuk lanset (garis-garis). Setiap tanaman memiliki 5-7 tangkai daun yang berukuran agak panjang. Tangkai daun kaku dan tebal dengan permukaan yang halus, sedangkan helaian daun lemas dan tipis.

b. Batang

Batang tanaman wortel sangat pendek sehingga hampir tidak nampak, batang bulat, tidak berkayu, agak keras, dan berdiameter kecil (sekitar 1-1,5 cm). Pada umumnya batang berwarna hijau tua. Batang tanaman tidak bercabang, namun ditumbuhi oleh tangkai daun yang berukuran panjang, sehingga kelihatan seperti bercabang.

c. Akar

Tanaman wortel memiliki sistem perakaran tunggang dan serabut. Dalam pertumbuhannya akar tunggang akan mengalami perubahan bentuk dan fungsi menjadi tempat penyimpanan cadangan makanan. Bentuk akar akan berubah menjadi besar dan bulat memanjang, hingga mencapai diameter 6 cm dan panjang sampai 30 cm, tergantung varietasnya. Akar

tunggang yang telah berubah bentuk dan fungsi inilah yang sering disebut atau dikenal sebagai “Umbi Wortel”.

d. Bunga

Bunga tanaman wortel tumbuh pada ujung tanaman, berbentuk payung berganda, dan berwarna putih atau merah jambu agak pucat. Bunga memiliki tangkai yang pendek dan tebal. Kuntum-kuntum bunga terletak pada bidang yang sama. Bunga wortel yang telah mengalami penyerbukan akan menghasilkan buah dan biji-biji yang berukuran kecil dan berbulu.

e. Umbi

Wortel merupakan tanaman sayuran umbi semusim, berbentuk semak yang dapat tumbuh sepanjang tahun, baik pada musim hujan maupun kemarau. Batangnya pendek dan berakar tunggang yang fungsinya berubah menjadi bulat dan memanjang. Warna umbi kuning kemerah-merahan, mempunyai karoten A yang sangat tinggi, Umbi wortel juga mengandung vitamin B, Vitamin C dan mineral (setiawan, 1995 dalam (Pohan, 2008)).

Pada awalnya hanya dikenal beberapa varietas wortel, namun dengan berkembangnya peradaban manusia dan teknologi, saat ini telah ditemukan varietas-varietas baru yang lebih unggul daripada generasi-generasi sebelumnya. Varietas-varietas wortel terbagi menjadi tiga kelompok yang didasarkan pada bentuk umbi, yaitu tipe Emperor, Chantenay, dan Nantes (Cahyono, 2002).

Tipe Emperor memiliki umbi berbentuk bulat panjang dengan ujung runcing (menyerupai kerucut), panjang umbi 20-30 cm, dan rasa yang kurang manis sehingga kurang disukai oleh konsumen. Tipe Chantenay memiliki umbi berbentuk bulat panjang dengan ujung tumpul, panjang antara 15-20 cm, dan rasa yang manis sehingga disukai oleh konsumen.

Tipe Nantes memiliki umbi berbentuk peralihan antara tipe Emperor dan tipe Chantenay, yaitu bulat pendek dengan ukuran panjang 5-6 cm atau berbentuk bulat agak panjang dengan ukuran panjang 10-15 cm. Dari ketiga kelompok tersebut, varietas yang termasuk ke dalam kelompok chantenay yang dapat memberikan hasil (produksi) paling baik, sehingga paling banyak dikembangkan.

2.5 Jarak Tanam

Cara bercocok tanam terutama penggunaan jarak tanam juga sangat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman wortel, pada umumnya bercocok tanam wortel masih sederhana, benih hanya disebar begitu saja tanpa memperhatikan jarak tanamnya. Sri setyati harjadi (1989) mengemukakan bahwa jarak tanam akan mempengaruhi populasi tanaman, koefisien penggunaan cahaya matahari serta kompetisi antar tanaman untuk mendapatkan air dan zat hara, yang pada akhirnya akan mempengaruhi hasil (Sumpena dan Melani, 2005).

Secara fisiologis, jarak tanam menyangkut penyediaan ruang yang akan ditempati oleh suatu tanaman. Semakin sempit ruang yang tersedia, semakin kuat

persaingan antartanaman yang berdekatan, dalam hal ini persaingan kebutuhan akan air, sinar matahari dan unsur hara (T. Wahyudi dkk, 2008).

Jarak tanam yang terlalu rapat dapat meningkatkan kelembapan disekitar tanaman karena daun tanaman saling menutupi satu sama lainnya. Kelembapan udara yang tinggi disekitar tanaman dapat mengundang berkembangnya patogen sehingga tanaman mudah terserang oleh penyakit. Disamping itu, jarak tanam yang terlalu rapat juga menyebabkan umbi yang terbentuk berukuran kecil dan berkualitas rendah (Ir. Budi Samadi, 1999).

Penyiangan adalah membersihkan daerah sekitar tanaman dari rumput atau tanaman liar lainnya. Penyiangan ini dimaksudkan agar zat makanan disekitar tanaman tidak termakan oleh tanaman liar.

2.6 Penyiangan Gulma

Penyiangan adalah membersihkan daerah sekitar tanaman dari rumput atau tanaman liar lainnya. Penyiangan ini dimaksudkan agar zat makanan disekitar tanaman tidak termakan oleh tanaman liar (W. P. Winarto, 2004).

Sedangkan gulma adalah herba atau rumput. dalam dunia pertanian, istilah yang populer adalah gulma, sedangkan para petani banyak yang menamakan rumput. Di sawah, ladang, huma, kebun, atau lahan pertanian lainnya, banyak sekali jenis rumput yang mengganggu tanaman pokok.

Jadi, gulma adalah tanaman liar yang mengganggu pertumbuhan tanaman yang ditanam manusia, sehingga manusia berusaha untuk mengatasinya. (Hudi Matnawi, 1989).

Dalam livean.com disebutkan bahwa kebanyakan gulma adalah tanaman yang cepat tumbuh dan dapat menghasilkan sejumlah besar biji dalam waktu singkat. Biasanya bijinya mudah tersebar, misalnya bunga dandelion dengan buahnya yang bisa tersebar hanya dengan angin kecil. Beberapa gulma akan terus menebarkan bijinya walaupun pohonnya telah dicabut. Di atas tanah, dari gulma kebun biasa, bunga-bunganya akan membuat setumpuk biji berambut pada timbunan kompos jika ditaruh disitu dan tidak dihancurkan. Gulma lain seperti tumbuhan rambat bunga kuning menghasilkan pucuk yang berakar setiap kali menyentuh tanah. Dengan ini, tanaman menjalar dengan cepat. Ada gulma yang seperti konvolvulus, harus diangkat sepenuhnya dari tanah. Sisa tangkai yang tercecer akan tumbuh sebagai tanaman baru.



Gambar 2.2. Gulma

2.7 XL-System

XL-System (eXtended Lindenmayer System) merupakan penerapan dari bahasa pemrograman XL ini merupakan bahasa pemrograman java yang

mengimplementasikan Relational Growth Grammars (RGG). XL dibangun dengan menggabungkan bahasa java dan library java dan menerapkan aturan L-System. Bahasa XL biasa digunakan sebagai bahasa pemodelan untuk membuat model data yang spesifik.

Lindenmayer dan Prusinkiewicz (1990) dalam Ulil Albab (2012) mengatakan "L-System atau Lindenmayer System dikemukakan pertama kali pada tahun 1968 oleh Aristid Lindenmayer dalam pengungkapan teori matematika untuk pengembangan tanaman". Smith menggunakan Lindemayer Sistem sebagai metoda untuk menyusun grafika komputer dalam menghasilkan morfologi tanaman. Grafika komputer secara lebih mendalam oleh Prusinkiewicz mengaplikasikan metoda lindenmayer sistem untuk menghasilkan visualisasi realistis terhadap tanaman perdu yang ditunjukkan dalam bukunya "Algorithmic Beauty of Plant".

Lindenmayer Sistem merupakan aturan formal yang disusun sebagai gramatika yang dikarakteristikan dalam bentuk aksioma, dan simbol-simbol yang digunakan sebagai representasi pertumbuhan komponen tanaman yang secara paralel terjadi pergantian pada masing-masing tahap. Disini perbedaan penting gramatika Chomsky dan L-System dalam hal produksi. Digramatika Chomsky produksi dipakai sebagai urutan (sequentially) sedangkan pada L-System produksi dipakai sebagai paralel dan simultan untuk mengganti komponen. Ini akibat dari refleksi motivasi biologi, dimana produksi adalah pertumbuhan, diferensiasi sel dan morfogenesis. Gramatika pada L-System terdiri dari 3 bagian (Σ, h, w), untuk Σ adalah anggota dari simbol, h aturan penulisan berulang

dimana setiap simbol akan diganti dengan string dari simbol, w axiom adalah mulai awal dari pertumbuhan. (Ulil Albab, 2012).

Lindenmayer dan Prusinkiewicz (1990) dalam Ulil Albab (2012) mengatakan bahwa Konsep utama dari Lindenmayer Sistem adalah penulisan berulang. Penulisan berulang adalah teknik untuk mendefinisikan objek secara kompleks dengan cara mengganti bagian dari objek dengan cara rewriting rule atau production. Contoh dari objek grafika yang didefinisikan secara aturan rewriting rule adalah snowflake curve, pada tahun 1905 oleh von Koch. Proses dari rewriting rule terdapat dua bagian pembentukan yaitu inisiator dan generator.

Pada aturan produksi di OL (Open Lindenmayer) System adalah context free, dimana akan memproduksi context di predecessor, sedangkan pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan bagian tanaman salah satu contohnya adalah aliran nutrisi atau hormon akan disimulasikan dengan model Context Sensitive L-System. Pada aturan model Context Sensitive L-System terdapat dua aturan produksi yaitu 2L-System digunakan untuk produksi $a \langle a \rangle ar \rightarrow x$, yaitu huruf a dapat memproduksi huruf x jika dan hanya jika kondisi a adalah diantara al dan ar, kemudian 1L-System hanya satu produksi untuk satu context, $a \langle a \rangle \rightarrow x$ atau $a \langle ar \rangle \rightarrow x$ (Ulil Albab, 2012).

2.8 Logika Fuzzy

2.8.1 Pengertian Logika Fuzzy

Dalam kondisi yang nyata, beberapa aspek dalam dunia nyata selalu atau biasanya berada diluar model matematis dan bersifat *inexact*. Konsep ketidakpastian inilah yang menjadi konsep dasar munculnya konsep logika *fuzzy*.

Pencetus gagasan logika *fuzzy* adalah Prof. L.A. Zadeh (1965) dari California University. Pada prinsipnya himpunan *fuzzy* adalah perluasan himpunan *crisp*, yaitu himpunan yang membagi sekelompok individu kedalam dua kategori, yaitu anggota dan bukan anggota.

Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu *item* x dalam suatu himpunan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A [x]$, memiliki 2 kemungkinan, yaitu (Kusumadewi, 2003) :

- a. Satu (1) yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan.
- b. Nol (0) yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Pada himpunan *crisp*, nilai keanggotaan ada 2 kemungkinan, yaitu 0 atau 1. Sedangkan pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1. Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. (Kusumadewi, 2003) .

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy* (Kusumadewi, 2001). Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data kedalam nilai keanggotaan yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat

digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan diantaranya :

- a. representasi *linear*
- b. representasi segitiga
- c. representasi trapesium
- d. representasi kurva bentuk bahu
- e. representasi kurva S
- f. representasi bentuk lonceng

2.8.2 Himpunan Fuzzy

Menurut Kusuma Dewi dan Purnomo, Himpunan tegas (*crisp*) A didefinisikan oleh item-item yang ada pada himpunan itu. Jika $a \in A$, maka nilai yang berhubungan dengan a adalah 1. Namun jika $a \notin A$, maka nilai yang berhubungan dengan a adalah 0. Notasi $A = \{x | P(x)\}$ menunjukkan bahwa A berisi item x dengan $P(x)$ benar. Jika χ_A merupakan fungsi karakteristik A dan properti P , maka dapat dikatakan bahwa $P(x)$ benar, jika dan hanya jika $\chi_A(x) = 1$ (Kusumadewi, 2003).

Himpunan Fuzzy didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sedemikian hingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval $[0,1]$. Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu item dalam semesta pembicaraan tidak hanya berada pada 0 atau 1, namun juga nilai yang terletak diantaranya. Dengan kata lain, nilai kebenaran suatu item tidak hanya benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar,

dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah. Himpunan fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu (Kusumadewi, 2003):

- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami.
- b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem fuzzy, yaitu:

- a. Variabel Fuzzy
Variabel fuzzy merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem fuzzy.
- b. Himpunan Fuzzy
Himpunan fuzzy merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel.
- c. Semesta Pembicaraan
Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif..
- d. Domain
Domain himpunan fuzzy adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan

fuzzy. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

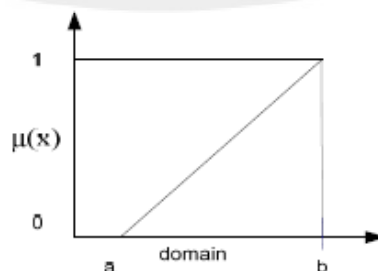
2.8.3 Fungsi Keanggotaan

Menurut Kusuma Dewi dan Purnomo pengertian fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan.

1. Representasi Linier

Pada representasi linier, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai garis lurus. Dalam hal ini ada 2 macam yaitu :

- a. Kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.

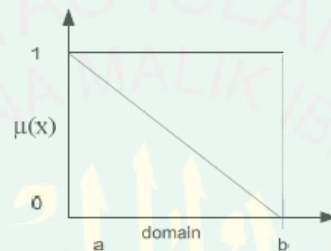


Gambar 2.3 Representasi linier naik

Dengan fungsi keanggotaan :

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

- b. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.



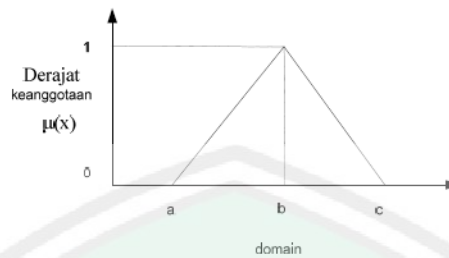
Gambar 2.4 Representasi linier turun

Dengan fungsi keanggotaan yaitu :

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

2. Representasi Kurva Segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier). Menurut Susilo (2003) dalam Mohammad Glesung Gautama suatu fungsi derajat keanggotaan *fuzzy* disebut fungsi segitiga jika mempunyai tiga buah parameter, yaitu $p, q, r \in R$ dengan $p < q < r$ dengan representasi gambar di bawah ini :



Gambar 2.5 Representasi kurva segitiga

Dengan fungsi keanggotaan yaitu :

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

2.8.4 Oprator Dasar

Seperti halnya himpunan konvensional, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan fuzzy. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama fire strength atau a-predikat (Kusumadewi, 2003). Operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu:

1. Operator AND

Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan. a-predikat sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_A(y))$$

2. Operator OR

Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan. a- predikat sebagai hasil operasi dengan operator OR

diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan. Dengan fungsi sebagai berikut :

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A(x), \mu_A(y))$$

2.8.5 Fuzzy Mamdani

Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama metode *Max-Min*. Menurut Kusumadewi (2003) untuk mendapatkan *output* diperlukan 4 tahapan, yaitu:

1. Pembentukan Himpunan *fuzzy*

Pada metode Mamdani, variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*. Setiap anggota himpunan *fuzzy* yang dibentuk, ditentukan derajat keanggotaannya dengan fungsi keanggotaan yang ditentukan.

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada metode Mamdani, fungsi implikasi menggunakan adalah metode Min.

3. Inferensi Aturan

Berbeda dengan penalaran monoton apabila system terdiri dari beberapa aturan maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan (Kusumadewi dan Purnomo, 2004). Metode yang digunakan dalam melakukan inferensi aturan adalah 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. Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi (Kusumadewi dan Purnomo, 2004).

$$\mu_{sf}(x_i) = \max(\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i))$$

dengan :

$$\mu_{sf}(x_i) = \text{nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke } -i;$$

$$\mu_{kf}(x_i) = \text{nilai keanggotaan konskuen fuzzy aturan ke } -i;$$

4. Penegasan (Defuzzyfikasi)

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. Salah satu metode defuzzyfikasi pada komposisi aturan metode Mamdani adalah Metode Centroid:

Solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy z. secara umum dirumuskan.

$$z^* = \frac{\int_z z\mu(z)dz}{\int_z \mu(z)dz} \text{ untuk variabel kontinu,}$$

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j\mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \text{ untuk variabel diskret (Kusumadewi dan}$$

Purnomo, 2004).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan menggunakan dua faktor yang mempengaruhi jumlah ranting. Faktor pertama adalah perlakuan dan faktor kedua adalah ukuran dari perlakuan.

Faktor-faktor tersebut adalah:

Faktor 1 adalah perlakuan yang terdiri dari 2 level yaitu:

- Jarak tanam
- Waktu penyiangan

Faktor 2 adalah ukuran dari perlakuan, terdiri dari 6 level yaitu:

- Jarak tanam 10x10 cm - Waktu penyiangan 0 (tanpa penyiangan)
- Jarak tanam 10x15 cm - Waktu penyiangan hari ke 7
- Jarak tanam 10x20 cm - Waktu penyiangan hari ke 14

Dari kedua faktor tersebut diperoleh 9 kombinasi perlakuan dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kombinasi perlakuan tanam

Kelompok Tanaman	Jumlah Tanaman	Perlakuan (Jarak tanam dan waktu penyiangan)		Pupuk Urea
		Jarak Tanam	Waktu Penyiangan	
1	15	10 x 10	Tanpa penyiangan	10 g
2	15	10 x 10	Hari ke 7	10 g
3	15	10 x 10	Hari Ke 14	10 g
4	15	10 x 15	Tanpa penyiangan	10 g
5	15	10 x 15	Hari ke 7	10 g
6	15	10 x 15	Hari Ke 14	10 g
7	15	10 x 20	Tanpa penyiangan	10 g
8	15	10 x 20	Hari ke 7	10 g
9	15	10 x 20	Hari Ke 14	10 g

Takaran pemberian pupuk urea diatas berdasarkan pada aturan standar yang dilakukan di Pusat Pelatihan Pertanian Dan Pedesaan Swadaya (P4S) Tulung Karyo.

3.1.1 Objek Penelitian

Dalam pengamatan ini objek yang akan diamati adalah tanaman wortel dengan spesifikasi sebagai berikut:

Kingdom	:	Plantae(tumbuh-tumbuhan)
Divisi	:	Spermatophyta(tumbuhanberbiji)
Sub-Divisi	:	Angiospermae
Klas	:	Dicotyledonae
Ordo	:	Umbelliferales
Famili	:	Umbelliferae(Apiaceae)
Genus	:	Daucus
Spesies	:	Daucus carota L.

3.1.2 Variabel Penelitian

Variable bebas dalam penelitian ini adalah jarak tanam dan waktu penyiangan. Variabel terkait dalam dalam penelitian ini adalah pertumbuhan dan perkembangan tanaman wortel yang meliputi jumlah ranting (tangkai terakhir sebelum daun).

3.1.3 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Pusat Pelatihan Pertanian Dan Pedesaan Swadaya (P4S) Tulung Karyo di daerah Tulungrejo Bumiaji Batu Malang.

Tempat ini berada di ketinggian \pm 1300 m dari permukaan laut dengan luas lahan 1 hektar. Penelitiannya dilakukan selama bulan September sampai November 2012.

3.1.4 Alat dan Bahan

Alat:

- Cangkul - Tongkat Kayu
- Timba - Tabel Nama
- Gayung - Penggaris
- Gembor - Kamera

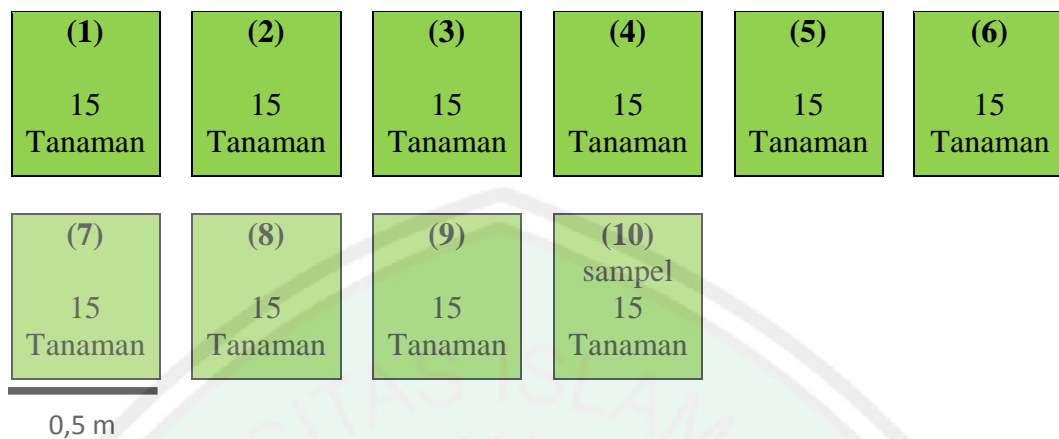
Bahan:

- Bibit tanaman wortel - Air
- Pupuk Urea - Tanah

3.2 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

3.2.1 Persiapan Lahan

Proses persiapan lahan dilakukan dengan menyiapkan lahan yang akan digunakan untuk menanam tanaman wortel. Lahan yang akan digunakan berada di Pusat Pelatihan Pertanian Dan Pedesaan Swadaya (P4S) Tulung Karyo di daerah Tulungrejo Bumiaji Batu Malang, dengan rancangan lahan seperti terlihat pada gambar 3.1:



Gambar 3.1 Lahan Penanaman

Lahan yang digunakan dalam penelitian berukuran 5,5 x 0,5 meter. Lahan tersebut dibagi menjadi 10 petak yang akan digunakan untuk 10 kelompok tanam dengan perlakuan yang berbeda-beda. Setiap petak kelompok tanaman terdiri dari 15 tanaman dengan lebar 0,5 x 0,5 meter dan diantara petak kelompok tanaman diberi jarak 5 cm.

Kelompok tanaman 1 ditanami dengan 15 tanaman wortel dengan perlakuan jarak tanam 10x10 cm dan waktu penyiangan hari ke 0 (tanpa penyiangan), begitu juga kelompok tanaman 2 dan 3 ditanami dengan 15 tanaman wortel dengan perlakuan jarak tanam 10x10 cm dengan waktu penyiangan pada kelompok tanaman ke 2 pada hari ke 7 dan kelompok tanaman ke 3 pada hari ke 14. Kelompok tanaman ke 4 sampai kelompok tanaman ke 9 juga ditanami dengan 15 tanaman wortel, pada kelompok tanaman ke 4 sampai 6 diberi perlakuan jarak tanam 10x15 cm dengan waktu penyiangan pada kelompok ke 4 pada hari ke 0 (tanpa penyiangan), kelompok ke 5 hari ke 7, dan kelompok ke 6 hari ke 14. Pada kelompok tanaman 7 sampai 9 diberi perlakuan jarak tanam 10x20 cm dengan waktu penyiangan pada kelompok tanaman ke 7 pada hari ke 0 (tanpa

penyiangan), kelompok ke 8 hari ke 7, dan kelompok ke 9 hari ke 14. Kelompok tanaman ke 10 digunakan sebagai tanaman sampel yang nantinya digunakan sebagai data pembanding hasil program. Kelompok tanaman ke 10 ditamani 15 tanaman wortel dengan perlakuan jarak tanam 10x15 dan waktu penyiangan hari ke 8. perincian perlakuan masing-masing kelompok tanaman seperti pada tabel 3.2:

Tabel 3.2 Rincian perlakuan kelompok tanaman

No Kelompok Tanaman	Jumlah Tanaman	Perlakuan (Jarak tanam dan waktu penyiangan)	
		Jarak Tanam	Waktu Penyiangan
1	15 Tanaman	10 x 10	Tanpa penyiangan
2	15 Tanaman	10 x 10	Hari ke 7
3	15 Tanaman	10 x 10	Hari Ke 14
4	15 Tanaman	10 x 15	Tanpa penyiangan
5	15 Tanaman	10 x 15	Hari ke 7
6	15 Tanaman	10 x 15	Hari Ke 14
7	15 Tanaman	10 x 20	Tanpa penyiangan
8	15 Tanaman	10 x 20	Hari ke 7
9	15 Tanaman	10 x 20	Hari Ke 14
Sampel			
10	15 Tanaman	10 x 15	Hari ke 8

Penanaman dimulai dengan membersihkan lahan dari tanaman liar dan mempersiapkan media tanam, yaitu berupa tanah yang sebelumnya diolah dengan cara dicangkul sampai tanah menjadi gembur. Setelah tanah gembur, tanah dibuat menjadi bedengan-bedengan yang digunakan sebagai tempat menebar bibit tanaman wortel dengan tinggi sekitar 20 cm dari tanah disekitarnya supaya tanaman tidak tengelam saat turun hujan dan tanaman wortel bisa tumbuh dengan lebih baik. Tanah yang sudah disiapkan tidak bisa langsung ditanami, tetapi terlebih dahulu di siram dan didiamkan selama 1 minggu sebelum di tanam benih agar tanah tidak terlalu panas.

3.2.2 Penyiapan Bibit Tanaman

Bibit tanaman wortel yang digunakan merupakan bibit yang dikembangkan oleh petani sendiri, dengan cara memilih tanaman yang cukup tua (\pm 3 bulan), subur dan sehat. Tanaman di potong ujung umbinya sekitar sepertiga bagian, dan tangkai daun sampai tersisa 10 cm. kemudian umbi tadi ditanam hingga menutup bagian leger batang dan dengan jarak yang agak berjauhan. Tanaman ini nantinya akan menghasilkan biji tanaman wortel yang digunakan setelah kering.

Bibit yang berasal dari bunga tanaman wortel dijemur sekitar 1 minggu hingga kering sempurna, kemudian bibit-bibit yang masih menempel pada bunga dirontokkan dan bulu-bulu halus yang terdapat pada bibit dibersihkan dengan cara digosok-gosok dengan tangan sampai bersih dan siap ditanam.

3.2.3 Penanaman dan Pemeliharaan

Setelah proses penyiapan lahan dan bibit selesai maka dilanjutkan dengan menanam bibit yang telah disiapkan. Metode penanaman dan pemeliharaan menggunakan standar yang telah disusun sebelumnya di Tabel 3.2. Secara rinci proses penanaman dan pemeliharaan dijelaskan sebagai berikut:

a. Penanaman Bibit

Sebelum bibit disebar, terlebih dahulu dilakukan pengukuran jarak tanam yang akan di gunakan dengan tujuan agar bibit yang ditanam teratur dan sesuai dengan jarak tanam masing-masing kelompok. Setelah bibit

ditanam, di atasnya di taburi tanah agar saat penyiraman awal bibit tanaman wortel tidak berhamburan terkena siraman air. Setelah bibit ditanam, dilanjutkan proses penyiraman awal pada tanaman.

b. Pemeliharaan tanaman

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

1. Pemupukan

Proses pemupukan dilakukan setelah tanaman berumur 1 bulan dari penanaman bibit. Dosis pemupukan disesuaikan dengan standar Pusat Pelatihan Pertanian Dan Pedesaan Swadaya (P4S) Tulung Karyo yaitu 10 gram.

2. Penyiraman

Penyiraman tanaman dilakukan beberapa kali dengan menggunakan gembor. Cara menyiram tanaman wortel dilakukan dengan dua cara yaitu disiram secara langsung ke tanaman dengan menggunakan gembor, dan dengan penyiraman air ke tanah menggunakan saluran irigasi yang ada disana.

3. Penyiangan Tanaman

Penyiangan tanaman hanya dilakukan pada kelompok perlakuan ke-2, 3, 5, 6, 8, 9 dan 10. yaitu dilakukan pada hari ke-7, ke-8 dan ke-14. Penyiangan pada hari ke 7 dilakukan pada kelompok tanaman ke 2, 5 dan 8, penyiangan pada hari ke 8 dilakukan pada kelompok tanaman ke 10 (sampel) dan penyiangan pada hari ke 14 dilakukan pada

kelompok tanaman ke 3, 6, dan 9. Kelompok tanaman ke 1, 4, dan 7 tidak dilakukan penyiangan sesuai dengan Metode penanaman dan pemeliharaan yang telah disusun sebelumnya.

Tabel 3.3 Waktu Penyiangan

Kelompok	Waktu Penyiangan
1	Tanpa penyiangan
2	Hari ke 7
3	Hari Ke 14
4	Tanpa penyiangan
5	Hari ke 7
6	Hari Ke 14
7	Tanpa penyiangan
8	Hari ke 7
9	Hari Ke 14
Sampel	
10	Hari ke 8

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

3.3 Pengambilan Data

Pada penelitian ini pengambilan data dilakukan setelah melakukan tahapan pengamatan terhadap tanaman. Yaitu dengan mengamati proses pertumbuhan secara *morfologis* tanaman dari masing-masing perlakuan yang berbeda, dalam hal ini yang diamati adalah jumlah ranting. Data *morfologi* tadi diperoleh dengan cara menghitung jumlah ranting pada tangkai tertinggi tiap-tiap tanaman wortel. Selanjutnya data *morfologi* tadi akan diambil rata-rata dan digunakan sebagai inputan untuk fuzzy yang mana outputnya akan digunakan untuk membuat simulasi pertumbuhan tanaman wortel. Umur tanaman ini dibatasi sampai dengan umur 50 hari.



Gambar 3.2 Tanaman Obserfasi

3.4 Analisa dan Desain

3.4.1 Pengolahan Data

Dari kegiatan penelitian di atas diperoleh data rata-rata morfologi tanaman (tinggi tangkai, jumlah daun dan jumlah ranting) yang dijadikan indikator adalah jumlah ranting tanaman wortel. Karena dari data tersebut terlihat jelas perbedaan hasil pertumbuhan dari tiap-tiap kelompok tanaman. Disamping itu dari data tersebut juga tampak pengeruh dari pemberian jarak tanam dan waktu penyiangan. Data jumlah ranting tadi diambil nilai rata-rata dari tiap kombinasi untuk menyusun desain fuzzy serta aturan fuzzy yang akan digunakan pada sistem.

Tabel 3.4 Rata-rata data tanaman

Kelompok Tanaman	Jumlah Ranting
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
Sampe	
10	

Data di atas di bagi menjadi 2 bagian. Data kelompok 1 sampai kelompok 9 digunakan untuk menyusun variabel himpunan fuzzy. Sedangkan data kelompok

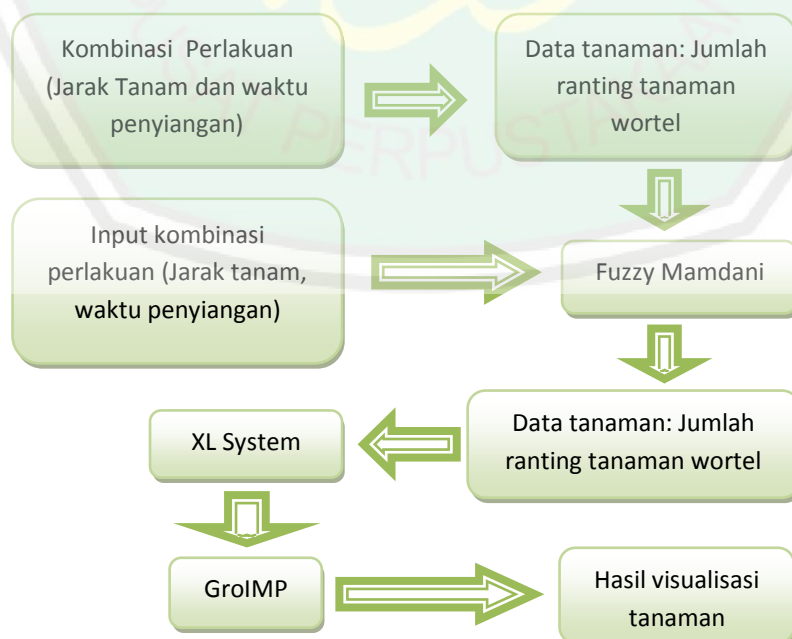
10 digunakan untuk uji coba dan perbandingan antara tanaman asli hasil uji coba dengan hasil dari program simulasi. Dari data tersebut diharapkan bisa diketahui drajat *error* dari program ini.

3.5 Desain Sistem

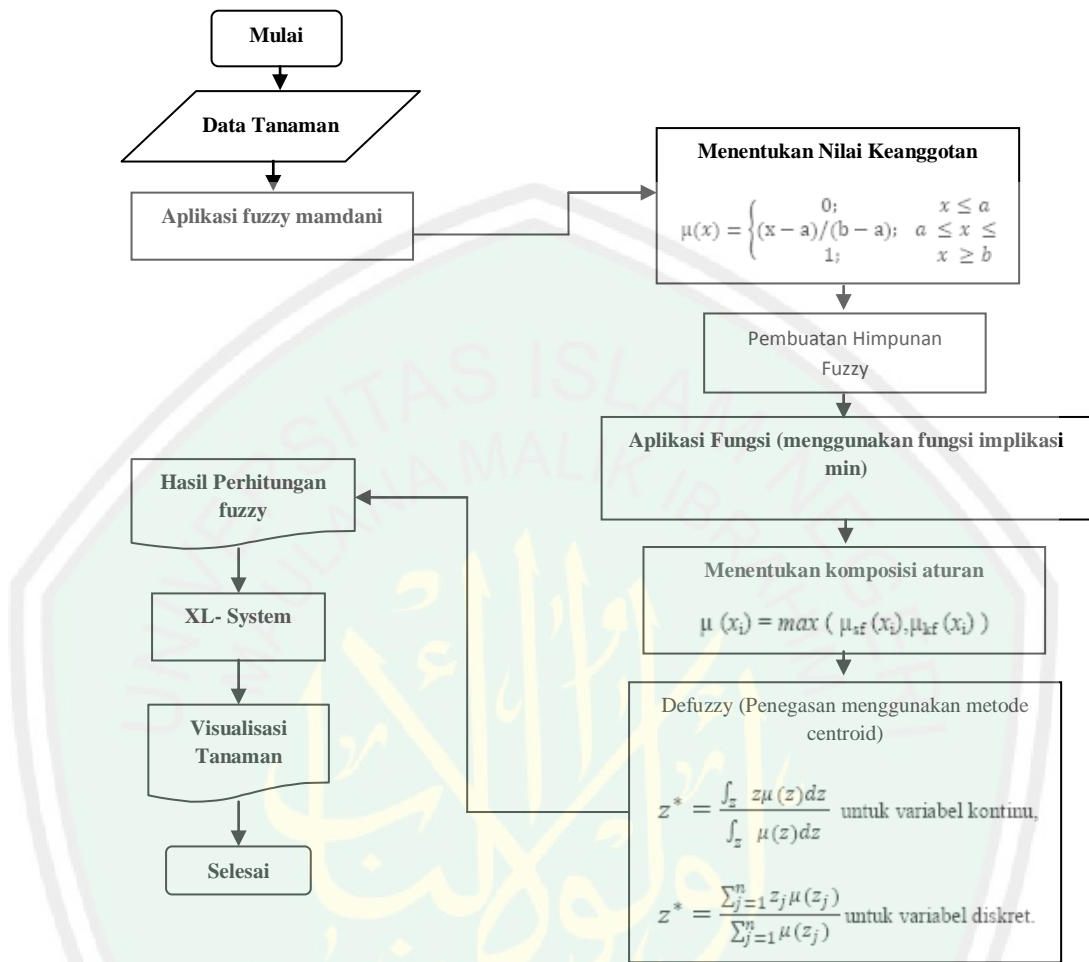
Secara garis besar desain sistem program ini terdiri dari beberapa bagian diantaranya: *input*, proses pengolahan dan *output*. *Input* dari sistem berupa data perlakuan berupa jarak tanam dan waktu penyiangan dan data hasil observasi berupa data *morfologi* tanaman (jumlah ranting) sebagai variabel output fuzzy.

Selanjutnya data perlakuan dan *morfologi* tersebut diolah dalam proses pengolahan input menggunakan Fuzzy Mamdani. Sedangkan *output* berupa model simulasi *morfologi* tanaman yang datanya diperoleh dari hasil *output* proses.

Secara keseluruhan rancangan desain sistem dan proses pengolahan data Fuzzy Mamdani dapat dilihat pada pada Gambar 3.3 dan 3.4:



Gambar 3.3 Desain Alur Sistem Keseluruhan Proses Program



Gambar 3.4 Diagram alur sistem

3.5.1 Input

Input dari sistem ini adalah data perlakuan dan data *morfologi* tanaman diantaranya jumlah ranting, jarak tanam dan waktu penyiangan.

3.5.2 Proses

Data input tersebut kemudian diolah dengan menggunakan perhitungan Fuzzy Mamdani. dimana dalam fuzzy mamdani terdiri dari beberapa langka sebagai berikut:

a. Pembentukan himpunan Fuzzy

Pada metode mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan. Oleh karena itu disini himpunan fuzzy terdiri dari 3 variabel yaitu jarak tanam, waktu penyiangan, dan jumlah ranting. Pada variabel jarak tanam dan waktu penyiangan masing-masing memiliki 3 himpunan yaitu Rendah, Sedang dan Tinggi, Sedangkan variabel jumlah ranting memiliki 2 himpunan yaitu Sedikit dan Banyak.

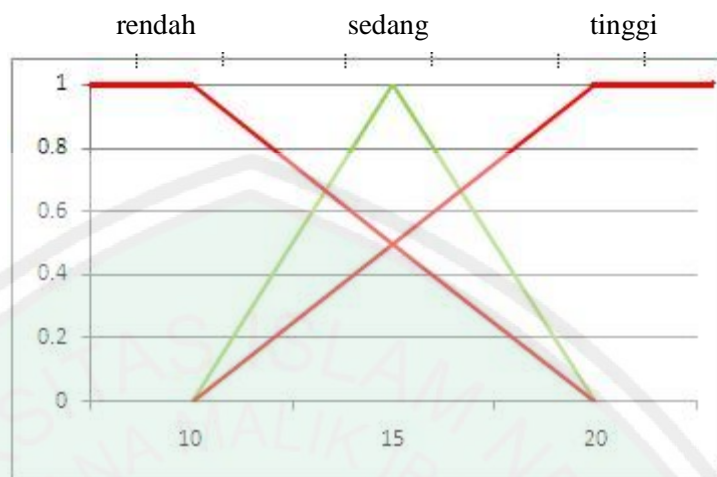
- Desain fuzzy jarak tanam (j)

Berdasarkan data tabel maka diperoleh himpunan variabel input *fuzzy* dari jarak tanam adalah sebagai berikut:

Table 3.5 Himpunan variabel input *fuzzy* jarak tanam (j)

No	Himpunan input <i>fuzzy</i> jarak tanam (j)		Domain
	Nama	Notasi	
1	Rendah	r	[10, 20]
2	Sedang	s	[10, 15, 20]
3	Tinggi	t	[10, 20]

Sebagaimana jarak tanam fungsi derajat keanggotaan linier turun digunakan untuk mempresentasikan himpunan *fuzzy* rendah dan fungsi derajat keanggotaan naik digunakan untuk mempresentasikan himpunan *fuzzy* tinggi. Fungsi keanggotaan drajat segitiga digunakan untuk mempresentasikan himpunan *fuzzy* sedang. Bentuk representasinya bisa dilihat pada Gambar 3.5



Gambar. 3.5 Himpunan variabel input *fuzzy* jarak tanam

Sedangkan fungsi keanggotaan dari variabel input *fuzzy* jarak tanam didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu_r(j) = \begin{cases} (20 - j)/(20 - 10); & 10 \leq j \leq 20 \\ 0; & j \geq 20 \end{cases}$$

$$\mu_s(j) = \begin{cases} 0; & j \leq 10 \text{ atau } j \geq 20 \\ (j - 10)/(15 - 10); & 10 \leq j \leq 15 \\ (20 - j)/(20 - 15); & 15 \leq j \leq 20 \end{cases}$$

$$\mu_t(j) = \begin{cases} 0; & j \leq 10 \\ (j - 10)/(20 - 10); & 10 \leq j \leq 20 \\ 1; & j \geq 20 \end{cases}$$

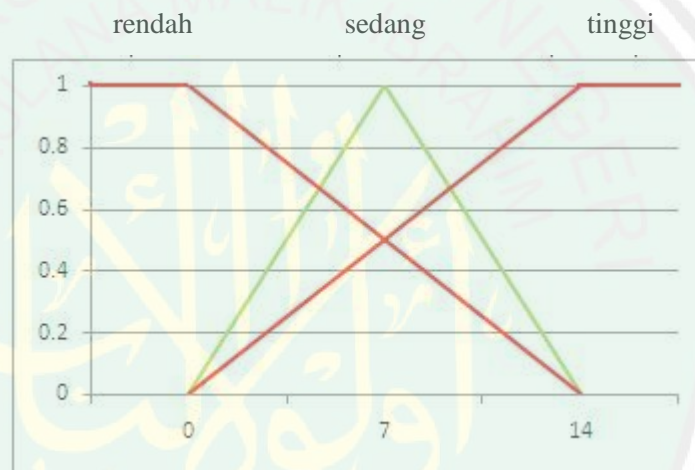
- Desain fuzzy waktu penyiangan (w)

Himpunan *fuzzy* untuk waktu penyiangan dijelaskan sebagai berikut :

Table 3.6 Himpunan variabel input *fuzzy* waktu penyiangan (w)

No	Himpunan input <i>fuzzy</i> waktu penyiangan (w)		Domain
	Nama	Notasi	
1	Rendah	r	[0, 14]
2	Sedang	s	[0, 7, 14]
3	Tinggi	t	[0, 14]

Sebagaimana jarak tanam fungsi derajat keanggotaan linier turun digunakan untuk mempresentasikan himpunan *fuzzy* rendah dan fungsi derajat keanggotaan naik digunakan untuk mempresentasikan himpunan *fuzzy* tinggi. Fungsi keanggotaan drajat segitiga digunakan untuk mempresentasikan himpunan *fuzzy* sedang. Bentuk representasinya bisa dilihat pada Gambar 3.6:



Gambar. 3.6 Himpunan variabel input *fuzzy* waktu penyiangan
Sedangkan fungsi keanggotaan dari variabel input *fuzzy* waktu penyiangan didefinisikan sebagai berikut :

$$\mu_r(w) = \begin{cases} (14 - w)/(14 - 0); & 0 \leq w \leq 14 \\ 0; & w \geq 14 \end{cases}$$

$$\mu_s(w) = \begin{cases} 0; & w \leq 0 \text{ atau } w \geq 14 \\ (w - 0)/(7 - 0); & 0 \leq w \leq 7 \\ (14 - w)/(14 - 7); & 7 \leq w \leq 14 \end{cases}$$

$$\mu_t(w) = \begin{cases} 0; & w \leq 0 \\ (w - 0)/(14 - 0); & 0 \leq w \leq 14 \\ 1; & w \geq 14 \end{cases}$$

- Desain Fuzzy dari jumlah ranting (r)

Berdasarkan Tabel 3.4 maka diperoleh himpunan variabel output fuzzy dari jumlah ranting sebagai berikut:

Tabel 3.7 Himpunan variabel output fuzzy jumlah ranting (r)

No	Himpunan input fuzzy jumlah ranting (r)		Domain
	Nama	Notasi	
1	Sedikit	s	[3, 7]
2	Banyak	b	[3, 7]

Pada himpunan variabel fuzzy jumlah ranting fungsi derajat keanggotaan linier turun digunakan untuk mempresentasikan himpunan fuzzy rendah dan fungsi derajat keanggotaan linier naik untuk himpunan fuzzy tinggi. Bentuk representasinya terlihat pada Gambar 3.7:



Gambar 3.7 Himpunan variabel input fuzzy jumlah ranting

Sedangkan fungsi derajat keanggotaan dari variabel output fuzzy jumlah ranting didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu_r(b) = \begin{cases} 1; & \\ (7 - b)/7 - 3; & 3 \leq b \leq 7 \\ 0; & b \geq 7 \end{cases}$$

$$\mu_t(b) = \begin{cases} 0; & b \leq 3 \\ (b - 3)/(7 - 3); & 3 \leq b \leq 7 \\ 1; & b \geq 7 \end{cases}$$

Kemudian dari Tabel 3.5 juga dapat disimpulkan aturan fuzzy dari masing-masing perlakuan kelompok tanaman. Dalam penelitian ada 9 macam perlakuan sehingga disimpulkan aturan fuzzy sebagai berikut:

Tabel 3.8 Aturan fuzzy hasil dari variasi pemberian jarak tanam dan waktu penyiangan.

Kelompok Tanaman	Perlakuan		Hasil Akhir
	Jarak Tanam	Waktu Penyiangan	Jumlah Ranting
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Pada kelompok tanaman ke 1 apa bila disusun dalam sebuah aturan fuzzy maka, jika jarak tanam rendah dan waktu penyiangan rendah maka jumlah ranting sedikit. Demikian juga dengan kelompok tanaman 2 sampai 9. Penjabaran aturan fuzzy yang digunakan adalah sebagai berikut:

[R1] IF Jarak Tanam Rendah AND Waktu Penyiangan Rendah THEN Jumlah Ranting Sedikit.

[R2] IF Jarak Tanam Rendah AND Waktu Penyiangan Sedang THEN Jumlah Ranting Banyak.

[R3] IF Jarak Tanam Rendah AND Waktu Penyiangan Tinggi THEN Jumlah Ranting Sedikit.

[R4] IF Jarak Tanam Sedang AND Waktu Penyiangan Rendah THEN Jumlah Ranting Sedikit.

[R5] IF Jarak Tanam Sedang AND Waktu Penyiangan Sedang THEN Jumlah Ranting Banyak.

[R6] IF Jarak Tanam Sedang AND Waktu Penyiangan Banyak THEN Jumlah Ranting Banyak.

[R7] IF Jarak Tanam Tinggi AND Waktu Penyiangan Rendah THEN Jumlah Ranting Sedikit.

[R8] IF Jarak Tanam Tinggi AND Waktu Penyiangan Sedang THEN Jumlah Ranting Banyak.

[R9] IF Jarak Tanam Tinggi AND Waktu Penyiangan Tinggi THEN Jumlah Ranting Banyak.

b. Aplikasi Fungsi Implikasi

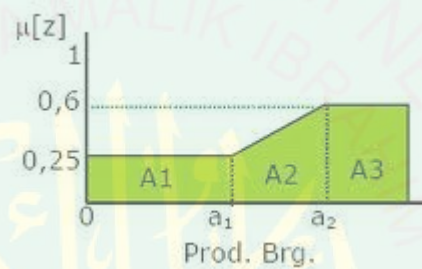
Tahap kedua pada metode fuzzy mamdani adalah aplikasi fungsi implikasi, fungsi implikasi yang digunakan adalah fungsi min dari tiap komposisi aturan, karena pada metode Mamdani operasi himpunan yang digunakan adalah konjungsi (*AND*), maka nilai keanggotaan anteseden dari aturan fuzzy [R1] adalah irisan dari nilai keanggotaan *A1* dari *Var-1* dengan nilai keanggotaan *B1* dari *Var-2*. Menurut teori operasi himpunan pada persamaan $\mu_{A \cap B} = \mu_A(x) \cap \mu_B(y) = \min(\mu_A(x), \mu_B(y))$, maka nilai keanggotaan anteseden dari operasi konjungsi (*and*) dari aturan fuzzy [R1] adalah nilai minimum antara nilai keanggotaan *A1* dari *Var-1* dengan nilai keanggotaan *B2* dari *Var-*

2 dan antaseden dari aturan fuzzy [R2] adalah nilai minimum antara nilai keanggotaan A_2 dari $Var-1$ dengan nilai keanggotaan B_1 dari $Var-2$. Selanjutnya, nilai keanggotaan A_2 dari $Var-1$ dengan nilai keanggotaan B_1 dari $Var-2$. Selanjutnya, nilai keanggotaan antaseden dari aturan fuzzy [R1] dan [R2] masing-masing disebut dengan α_1 dan α_2 kemudian disubstitusikan pada fungsi keanggotaan himpunan C_1 dan C_2 sesuai aturan fuzzy [R1] dan [R2] untuk memperoleh nilai z_1 dan z_2 , yaitu nilai z (nilai perkiraan produksi) untuk aturan fuzzy [R1] dan [R2]. Untuk memperoleh nilai *output crisp*/nilai tegas Z , dicari dengan cara mengubah input (berupa himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy) menjadi suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Cara ini disebut dengan metode defuzzifikasi (penegasan). Metode defuzzifikasi yang digunakan dalam metode Tsukamoto adalah metode defuzzifikasi rata-rata terpusat (*Center Average Defuzzyfier*) yang dirumuskan sebagai $Z = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i z_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}$ (Defuzzifikasi rata-rata terpusat) (Sri Kusumadewi, 2004:34).

c. Komposisi Aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Dalam fuzzy mamdani ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk melakukan inferensi sistem fuzzy. Tapi kali ini untuk melakukan komposisi semua *output fuzzy* dilakukan dengan menggunakan metode Max. Pada metode Max, 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). Setelah semua proses dievaluasi, output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Hasilnya akan seperti pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 contoh daerah hasil komposisi

d. Defuzzyfikasi

Tahap ke empat adalah defuzzyfikasi, yaitu proses merubah kembali data yang dijadikan fuzzy kedalam bentuk crisp (tegas). Defuzzyfikasi dapat dilakukan dengan menggunakan metode Centroid. Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy.

Pertama-tama kita hitung momen untuk setiap daerah, jika dilihat dari Gambar 3.8 maka terdapat 3 bagian dan kita cari momen dari tiap-tiap bagian yaitu M1, M2 dan M3. Kemudian kita hitung luas setiap daerah dari tiap bagian yaitu L1, L2, dan L3.

Yang terakhir kita cari titik pusat dengan cara hasil penjumlahan semua hasil dari perhitungan momen dibagi dengan hasil penjumlahan dari semua hasil perhitungan luas setiap daerah:

$$M1+M2+M3 / L1+L2+L3 = z \text{ (Defuzzyfikasi).}$$

3.5.3 Output

Output berupa model simulasi *morfologi* tanaman yang datanya diperoleh dari hasil output proses.

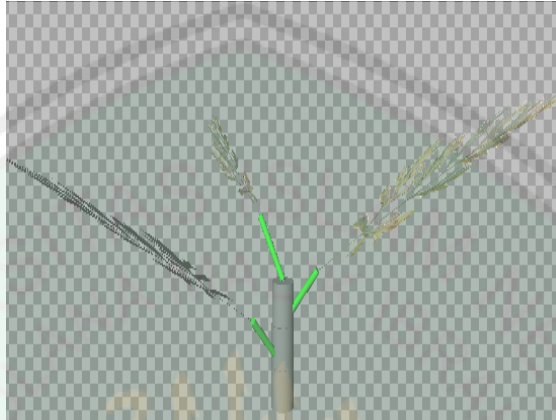
3.6 Tahap Implementasi

Implementasi disini adalah transformasi dari rancangan ke bahasa pemrograman yang dapat dimengerti oleh komputer. Teknologi yang digunakan dalam pengembangan sistem ini adalah teknologi simulasi berbasis *XL-System*. Dengan teknologi ini, memungkinkan kompleksitas alam dapat didefinisikan dengan beberapa parameter dan aturan. Untuk menghasilkan suatu bentuk dengan metode ini harus dilakukan dua langkah, yaitu aplikasi dari grammar untuk menghasilkan string berisi struktur topologi dari tanaman dan interpretasi dari string tersebut.

Karena program yang dibuat adalah simulasi maka proses implementasi ini diawali dengan mengumpulkan data visual dari tanaman. Data tersebut digunakan untuk membuat komponen-komponen tiruan dari tanaman aslinya. Data visual tanaman yang diambil adalah gambar daun dan tangkai tanaman.

Dalam simulasi ini, sebenarnya bentuk dasar dari komponen tanaman bisa berupa garis, lingkaran, silinder, polygon dan bentuk yang lain. Selanjutnya

bentuk-bentuk tadi dimanipulasi sedemikian sehingga menyerupai bentuk dan tampilan dari tanaman aslinya.



Gambar 3.9 Desain Simulasi

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Program

Dalam pembuatan program simulasi ini ada beberapa hal yang perlu disiapkan, baik dari segi perangkat kebutuhan perangkat keras ataupun perangkat lunak.

4.1.1 Instalasi Program

- a. Kebutuhan Perangkat Keras
 1. Komputer dual core atau sejenisnya.
 2. Memory 1 Gbytes.
 3. Haedisk 250 Gbytes.
 4. VGA 877 Mbytes.
- b. Kebutuhan Perangkat Lunak
 1. Windows XP
 2. JRE
 3. GroImp

4.2 Pembuatan dan Pengujian Program

Dalam pembuatan program simulasi ini secara garis besar dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama yaitu proses pembuatan mesin fuzzy atau implementasi dari aturan fuzzy berdasarkan data-data yang diperoleh dari penelitian. Bagian kedua yaitu proses visualisasi output fuzzy yang berupa simulasi pertumbuhan tanaman wortel. Dalam sub bahasan ini akan dijelaskan langkah-langkah tentang

source code dari program ini. Pengujian pertama dengan input jarak tanam 15 cm dan waktu penyiangan hari ke 8:

Tahap pertama yaitu mencari nilai output proses fuzzy dengan menggunakan metode mamdani dari input diatas. Pada tahap ini ada 4 langka yang harus dilakukan yaitu :

1. Pembentukan Himpuna Fuzzy (Fuzzyfikasi)

Pada sub bab pengilahan data telah didefinisikan bahwa himpunan fuzzy terdiri dari 3 variabel yaitu Jarak Tanam, Waktu Penyiangan dan Jumlah Ranting. Pada variabel Jarak Tanam dan Waktu Penyiangan masing-masing memiliki 3 himpunan yaitu Rendah, Sedang dan Tinggi. Variabel jumlah ranting memiliki 2 himpunan yaitu Sedikit dan Banyak. Langkah selanjutnya yaitu mencari nilai keanggotaan input dengan himpunan input fuzzy yaitu pada variabel Jarak Tanam dan Waktu Penyiangan.

Jarak Tanam terdiri dari 3 himpunan, yaitu rendah, sedang dan tinggi. Sehingga bisa diperoleh nilai keanggotaan dari nilai input Jarak Tanam 15 cm, yaitu:

$$\mu_{jRendah}(15) = \frac{20 - j}{20 - 10} = \frac{20 - 15}{10} = 0.5$$

$$\mu_{jSedang}(15) = \frac{j - 10}{15 - 10} = \frac{15 - 10}{5} = 1$$

$$\mu_{jTinggi}(15) = \frac{j - 10}{20 - 10} = \frac{15 - 10}{10} = 0.5$$

Sedangkan untuk Waktu Penyiangan juga terdiri dari 3 himpunan yaitu rendah, sedang, tinggi. Sehingga bisa diperoleh nilai keanggotaan dari nilai input Jarak Tanam hari ke 8 yaitu:

$$\mu_{wRendah}(8) = \frac{14 - w}{14 - 0} = \frac{14 - 8}{14} = 0.43$$

$$\mu_{wSedang}(8) = \frac{14 - w}{14 - 7} = \frac{14 - 8}{7} = 0.86$$

$$\mu_{wTinggi}(8) = \frac{w - 0}{14 - 0} = \frac{8 - 0}{14} = 0.57$$

Dibawah ini merupakan potongan source code pembentukan himpunan fuzzy :



Sedangkan untuk source code pembentukan himpunan fuzzy dari pupuk kompos dan pupuk urea adalah dibawah ini :

```
//fungsi mencari derajat keanggotaan
protected void setAnggota(String perlakuan,String status,double input)
{
    //set derajat keanggotaan himpunan rendah
    if(perlakuan.equals("jTanam"))
    {
        if(status.equals("rendah"))
        {
            if(input>=himRendahJTanam[1])
            {
                derRendah=0;
            }else if(input>=himRendahJTanam[0] && input<=himRendahJTanam[1])
            {
```



```

}else if(status.equals("tinggi"))
{
if(input<=himTinggiWP[0])
{
derTinggi=0;
}else if(input>=himTinggiWP[0] && input<=himTinggiWP[1])
{
derTinggi=(input-himTinggiWP[0])/(himTinggiWP[1]-himTinggiWP[0]);
}else if(input>=himTinggiWP[1])
{
derTinggi=1;
}
}
}
}

```

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Fungsi implikasi yang digunakan adalah metode MIN.

[R1] IF Jarak Tanam Rendah AND Waktu Penyiangan Rendah THEN

Jumlah Ranting Sedikit.

$$\alpha - prediket_1 = \min(0.5; 0.42) = 0.42$$

[R2] IF Jarak Tanam Rendah AND Waktu Penyiangan Sedang THEN

Jumlah Ranting Banyak.

$$\alpha - prediket_2 = \min(0.5; 0.86) = 0.5$$

[R3] IF Jarak Tanam Rendah AND Waktu Penyiangan Tinggi THEN

Jumlah Ranting Sedikit.

$$\alpha - prediket_3 = \min(0.5; 0.57) = 0.5$$

[R4] IF Jarak Tanam Sedang AND Waktu Penyiangan Rendah THEN

Jumlah Ranting Sedikit.

$$\alpha - prediket_4 = \min(1; 0.42) = 0.42$$

[R5] IF Jarak Tanam Sedang AND Waktu Penyiangan Sedang THEN
Jumlah Ranting Banyak.

$$\alpha - prediket_5 = \min(1: 0.86) = 0.86$$

[R6] IF Jarak Tanam Sedang AND Waktu Penyiangan Banyak THEN
Jumlah Ranting Banyak.

$$\alpha - prediket_6 = \min(1: 0.57) = 0.57$$

[R7] IF Jarak Tanam Tinggi AND Waktu Penyiangan Rendah THEN
Jumlah Ranting Sedikit.

$$\alpha - prediket_7 = \min(0.5: 0.42) = 0.42$$

[R8] IF Jarak Tanam Tinggi AND Waktu Penyiangan Sedang THEN
Jumlah Ranting Banyak.

$$\alpha - prediket_8 = \min(0.5: 0.86) = 0.5$$

[R9] IF Jarak Tanam Tinggi AND Waktu Penyiangan Tinggi THEN
Jumlah Ranting Banyak.

$$\alpha - prediket_9 = \min(0.5: 0.57) = 0.5$$

```
// Fungsi Implikasi
int jmlAturan=9;
double[]hslImplikasi=new double[jmlAturan];

//fungsi implikasi aturan fuzzy
protected void setImplikasi(double injTanam,double inwktPenyiangan)
{
    String jTanam;
    String wktPenyiangan;
    double anggotajTanam=0.0;
    double anggotaWP=0.0;
    int i;
    for(i=0;i<jmlAturan;i++)
    {
        if(i==0)//aturan 1 : rendah and rendah then rendah and sedikit
        {
            jTanam="rendah";
            setAnggota("jTanam",jTanam,injTanam);
            anggotajTanam=getAnggota(jTanam);
```



```

wktPenyiangan="tinggi";
setAnggota("wktPenyiangan",wktPenyiangan,inwktPenyiangan);
anggotaWP=getAnggota(wktPenyiangan);

    hslImplikasi[i]=fungsiImpMin(anggotajTanam,anggotaWP);
}else if(i==6)//aturan 7 : tinggi and rendah then rendah and sedikit
{
    jTanam="tinggi";
    setAnggota("jTanam",jTanam,injTanam);
    anggotajTanam=getAnggota(jTanam);

    wktPenyiangan="rendah";
    setAnggota("wktPenyiangan",wktPenyiangan,inwktPenyiangan);
    anggotaWP=getAnggota(wktPenyiangan);

    hslImplikasi[i]=fungsiImpMin(anggotajTanam,anggotaWP);
}else if(i==7)//aturan 8 : tinggi and sedang then tinggi and banyak
{
    jTanam="tinggi";
    setAnggota("jTanam",jTanam,injTanam);
    anggotajTanam=getAnggota(jTanam);

    wktPenyiangan="sedang";
    setAnggota("wktPenyiangan",wktPenyiangan,inwktPenyiangan);
    anggotaWP=getAnggota(wktPenyiangan);

    hslImplikasi[i]=fungsiImpMin(anggotajTanam,anggotaWP);
}else if(i==8)//aturan 9 : tinggi and tinggi then tinggi and banyak
{
    jTanam="tinggi";
    setAnggota("jTanam",jTanam,injTanam);
    anggotajTanam=getAnggota(jTanam);
    //System.out.print("jTanam tinggi: "+anggotajTanam);

    wktPenyiangan="tinggi";
    setAnggota("wktPenyiangan",wktPenyiangan,inwktPenyiangan);
    anggotaWP=getAnggota(wktPenyiangan);

    hslImplikasi[i]=fungsiImpMin(anggotajTanam,anggotaWP);
}
}
}

```

3. Komposisi Aturan

Pada tahap ini semua hasil aplikasi fungsi implikasi dari tiap-tiap aturan dikomposisikan dengan metode MAX. Caranya aturan yang mempunyai nilai konsekuen fuzzy yang sama dikomposisikan menjadi satu. Dalam hal ini aturan yang outputnya then jumlah ranting sedikit dikomposisikan

menjadi satu. Begitu juga aturan yang outputnya then jumlah ranting banyak dikomposisikan menjadi satu. Sehingga diperoleh hasil komposisi sebagai berikut:

a. Variabel jumlah ranting.

- Nilai Keanggotaan himpunan Sedikit (α_1)

$$= \text{Max Sedikit } (0.43; 0.5; 0.43; 0.43;)$$

$$= 0.5$$

$$= \frac{(\alpha_1 - 3)}{7 - 3} = 0.5 \rightarrow (\alpha_1) = 5$$

- Nilai Keanggotaan himpunan banyak (α_2)

$$= \text{Max Banyak } (0.5; 0.86; 0.57; 0.5; 0.5;)$$

$$= 0.86$$

$$= \frac{(\alpha_2 - 3)}{7 - 3} = 0.86 \rightarrow (\alpha_2) = 6.4$$

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

$$\mu(z) = \begin{cases} 0.5; & z \leq 5 \\ \frac{z-3}{4}; & 5 \leq z \leq 6.4 \\ 0.86; & z \geq 5 \end{cases}$$

Dibawah ini merupakan source code untuk proses komposisi aturan:

```
// fungsi komposisi aturan menentukan Max per aturan == step 3
double maxRendah,maxTinggi;
double[]tamRendah=new double[4];
double[]tamTinggi=new double[5];
protected void setKomposisi()
{
    int i;
    int g=0;
```



4. Defuzzyfikasi

Metode yang digunakan adalah metode centroid, pertama yang dilakukan adalah menghitung momen untuk setiap daerah (M) dan luas setiap daerah (L). Setelah itu baru menghitung titik pusat variabel output Jumlah Ranting.

a. Momen

- $M1 = \int_3^5 (0.5)z \, dz = 0.25 z^2 \Big|_3^5 = 4$

- $M2 = \int_5^{6.4} \frac{z-3}{7-3} z \, dz$

$$\begin{aligned}
 &= \int_5^{6.4} (0.25 z^2 - 0.75 z) dz \\
 &= 0.083 z^3 - 0.375 z^2 \Big|_5^{6.4} \\
 &= 5.4
 \end{aligned}$$

- $M3 = \int_{6.4}^7 (0.85)z dz = 0.425 z^2 \Big|_{6.4}^7 = 3.417$

b. Luas tiap daerah

- $L1 = 5 \times 0.5 = 2.5$

- $L2 = (0.5 + 0.85) \times (6.4 - 5) / 2 = 0.945$

- $L3 = (7 - 6.4) \times 0.85 = 0.51$

- Titik pusat = $(M1 + M2 + M3) / (L1 + L2 + L3)$
 $= (4 + 5.4 + 3.417) / (2.5 + 0.945 + 0.51)$
 $= 3.24$

Dari perhitungan diatas diperkirakan bahwa jumlah ranting tanaman adalah 3,24.

Dibawah ini merupakan source code untuk proses defuzzyfikasi :



```

L1 = a1 * maxRendah;
L2 = (maxRendah + maxTinggi) * (a2 - a1) / 2;
L3 = (himRantingBanyak[1] - a2) * maxTinggi;

//titik pusat
tikPusat = (M1 + M2 + M3) / (L1 + L2 + L3);
System.out.println("oke..2");
    }
}

```

Kemudian hasil dari perhitungan ini akan digunakan untuk proses simulasi. Tahap kedua adalah proses visualisasi dalam bentuk simulasi pertumbuhan tanaman wortel yaitu dengan cara memasukkan nilai dari output proses fuzzy yang berupa nilai dari jumlah ranting ke program simulasi. Disamping itu juga dimasukkan nilai panjang ranting untuk menentukan panjang ranting dalam simulasi. Potongan *source code* inialisasi sebagai berikut:

```

double jTanam = 15;
double wktPenyiangan = 8;
nleaves = 1;
setImplikasi(jTanam, wktPenyiangan);
setKomposisi();
setNilaiKom("daun");
jmlRanting =(int) pembulatan(tikPusat);

```

Disamping itu juga dilakukan proses *skinning*, yaitu proses untuk memasukkan gambar *texture* tanaman pada komponen tanaman agar menyerupai dengan aslinya. Caranya sebagai berikut:

```

const Shader leafmat = shader("daun");
const Shader barkMat = shader("batang");
const DatasetRef graf = dataset("Function");

```

Gambar *texture* tanaman diperoleh dengan mengambil gambar dari tanaman aslinya.



Gambar 4.1 Textur tanaman

4.3 Hasil Program

Hasil dari program simulasi ini berupa tampilan 3D yang disertai dengan keterangan waktu dan keterangan jumlah ranting serta grafik pertumbuhan. Sebagaimana gambar berikut:



Gambar 4.2 Hasil simulasi tanaman

Dari hasil program tersebut tampak jumlah ranting 3 buah . adapun keterangan waktu dan jumlah ranting dapat dilihat dari gambar berikut:

```

Messages  XL Console
jumlah daun : 3
Hari ke : 48
jumlah daun : 3
Hari ke : 49
jumlah daun : 3
Hari ke : 50
jumlah daun : 3

```

Gambar 4.3 Hasil tampilan pertumbuhan



Gambar 4.4 Grafik Pertumbuhan

4.4 Evaluasi Program

Untuk menguji keakuratan program maka perlu dilakukan perbandingan antara hasil model pertumbuhan tanaman dengan hasil penelitian dilapangan, jika hasilnya mendekati dengan data di lapangan maka program simulasi ini dianggap baik. Dari perbandingan tersebut bisa diketahui persentase error dari hasil perhitungan.

Uji coba dilakukan sebanyak 1 kali. Sedangkan pengambilan data uji coba dilakukan sebanyak 5 kali, yaitu pada hari ke 10, 20, 30, 40 dan 50. Perbandingan antara data uji coba dan hasil simulasi di jelaskan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.1 Perbandingan data lapangan dan hasil program pada pengukuran ke-1

No	Jumlah ranting	
	Hasil Simulasi	Hasil Observasi
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

Dari data di atas maka nilai error rate di hitung dengan rumus MAPE (*The Mean Absolute Percentage Error*):

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

Dengan

n : Jumlah data

y'_t : data hasil perhitungan fuzzy ke-i

y_t : data lapangan ke-i

Tabel 4.2 Penjelasan perhitungan

No	Y_t	Y'_t	$ (Y_t - Y'_t)/Y_t $
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_t - Y'_t)/Y_t $			
Total Presentase			

Hasil akhir dari perhitungan persentase error rate dari jumlah ranting : 0 %.

Untuk data yang lainnya caranya sama dengan perhitungan di atas. Menurut Suharsimi (2006: 345) dalam Ulil Albab (2012) dalam bukunya *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*, Apabila kita bersedia menerima keputusan dengan kepercayaan 95%, maka berarti kita bersedia menanggung resiko meleset sebesar 5%. Selanjutnya kita percaya kebenaran kesimpulan 99%, berarti menerima resiko meleset 1%, maka 5% dan 1% ini disebut taraf signifikan atau taraf keberartian. Jadi nilai akurasi dari percobaan adalah 100 %.

Tabel 4.3 Perbandingan data lapangan dan hasil program pada pengukuran ke-2

No	Jumlah ranting	
	Hasil Simulasi	Hasil Observasi
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

Hasil akhir dari perhitungan persentase error rate dari jumlah ranting : 16.67 %

Tabel 4.4 Perbandingan data lapangan dan hasil program pada pengukuran ke-3

No	Jumlah ranting	
	Hasil Simulasi	Hasil Observasi
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

Hasil akhir dari perhitungan persentase error rate dari jumlah ranting : 11.11 %

Tabel 4.5 Perbandingan data lapangan dan hasil program pada pengukuran ke-4

No	Jumlah ranting	
	Hasil Simulasi	Hasil Observasi
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

Hasil akhir dari perhitungan persentase error rate dari jumlah ranting : 38.89 %

Tabel 4.6 Perbandingan data lapangan dan hasil program pada pengukuran ke-5

No	Jumlah ranting	
	Hasil Simulasi	Hasil Observasi
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

Hasil akhir dari perhitungan persentase error rate dari jumlah ranting : 18.00 %

Selanjutnya hasil dari persentase error tadi diambil nilai rata-rata, yaitu dengan cara menjumlahkan semua nilai persentase pada tiap kelompok uji kemudian dibagi dengan jumlah pengukuran.

Tabel 4.7 Hasil akhir perbandingan

Total nilai persentase akurasi perbandingan data lapangan dan simulasi	Total nilai persentase error perbandingan data lapangan dan simulasi
Jumlah ranting	

4.5 Simulasi Tanaman Wortel Dalam Pandangan Islam

Simulasi adalah suatu prosedur kuantitatif, yang menggambarkan sebuah sistem, dengan mengembangkan sebuah model dari sistem tersebut dan melakukan sederetan uji coba untuk memperkirakan perilaku sistem pada kurun waktu tertentu. Selain itu simulasi adalah salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah, jika sistem nyata sulit atau membutuhkan waktu lama untuk diamati secara langsung.

Menurut pengertian simulasi diatas, simulasi pada pertumbuhan tanaman wortel adalah suatu prosedur kuantitatif untuk mengembangkan sebuah model dari tanaman wortel. Selama ini kita mungkin hanya tahu wortel yang suda panen dan dijual di pasaran. Namun dengan simulasi ini dapat diketahui proses pertumbuhan tanaman wortel mulai dari kecil hingga siap panen. Simulasi pertumbuhan wortel

ini juga dapat menginformasikan karakteristik pertumbuhan wortel tanpa harus melakukan kegiatan budidaya wortel.

Dalam simulasi ini variabel yang digunakan adalah jumlah ranting. Sebagai semple, penelitian ini menggunakan sembilan kelompok tanaman. Dari sembilan kelompok tanaman tersebut akan diambil nilai rata-rata jumlah ranting dari tiap tanaman. Kemudian nilai tersebut digunakan sebagai inputan dalam proses simulasi tanaman wortel. Setelah proses simulasi dilakukan, maka akan diketahui kelompok mana yang memiliki pertumbuhan paling baik dari sembilan kelompok tanaman tersebut. Selain itu dari proses simulasi ini juga dapat ditentukan perlakuan mana yang paling baik untuk diterapkan pada tanaman wortel sehingga bisa mendapatkan hasil yang maksimal.

Dalam simulasi, dapat diketahui bahwa antara kelompok tanaman yang satu dengan kelompok tanaman yang lain memiliki pertumbuhan yang berbeda-beda. Perbedaan terdapat pada tingkat renggang jarak tanam dan waktu penyiangan pada masing-masing kelompok. Walaupun bibit dari semua tanaman diambil dari satu indukan yang sama. Hal seperti ini dijelaskan dalam Alquran surat Ar Ra'd ayat 4, Allah berfirman:

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُتَجَاوِرَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ وَزُرْعٌ وَنَخِيلٌ وَسِنَوَانٌ مُّغْتَرِبَةٌ
 وَسِنَوَانٌ يُسْقَى بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفِضَ لِبَعْضِهَا عَلَىٰ بَعْضٍ فِي الْأَكْلِ ۚ إِنَّ فِي
 ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿٤﴾

Artinya: "Dan di bumi ini terdapat bagian-bagian yang berdampingan dan kebun-kebum anggur, tanaman-tanaman dan pohon kurma yang bercabang dan yang tidak bercabang, disirami dengan air yang sama. Kami melebihkan sebagian tanaman-tanaman itu atas sebagian yang lain tentang rasanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berfikir." (Qs. Ar-Ra'd: 4)

Dalam surat Ar Ra'd ayat 4 diatas, Allah telah menjelaskan bahwa tanaman diciptakan dengan beragam bentuk dan rasa meskipun tanaman tersebut dalam satu jenis. Hal seperti ini menunjukkan tanda-tanda kebesaran Allah bagi hamba-hambanya yang mau berfikir.

Selain itu simulasi pertumbuhan tanaman juga bisa digunakan sebagai alat peraga dalam pendidikan. Ada kalahnya para pengajar sulit memberikan contoh nyata dari suatu kejadian seperti, pertumbuhan ranting, daun dan contoh-contoh lain yang sulit atau membutuhkan waktu lama untuk diamati secara langsung. Oleh karena itu simulasi dibutuhkan untuk memudahkan kita memahami berbagai hal di alam semesta. Hal ini sejalan dengan hadits nabi yang diriwayatkan oleh imam Muslim:

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ، قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ مَنْ نَقَسَ عَنْ مُؤْمِنٍ كُرْبَةً مِنْ كُرْبِ الدُّنْيَا نَقَسَ اللَّهُ عَنْهُ كُرْبَةً مِنْ كُرْبِ يَوْمِ الْقِيَامَةِ، وَمَنْ يَسَّرَ عَلَى مُعْسِرٍ يَسَّرَ اللَّهُ عَلَيْهِ فِي الدُّنْيَا وَالْآخِرَةِ، وَمَنْ سَتَرَ مُسْلِمًا سَتَرَهُ اللَّهُ فِي الدُّنْيَا وَالْآخِرَةِ، وَاللَّهُ فِي عَوْنِ الْعَبْدِ مَا كَانَ الْعَبْدُ فِي عَوْنِ أَخِيهِ، وَمَنْ سَلَكَ طَرِيقًا يَلْتَمِسُ فِيهِ عِلْمًا سَهَّلَ اللَّهُ لَهُ بِهِ طَرِيقًا إِلَى الْجَنَّةِ، وَمَا اجْتَمَعَ قَوْمٌ فِي بَيْتٍ مِنْ بُيُوتِ اللَّهِ يَتْلُونَ كِتَابَ اللَّهِ وَيَتَدَارَسُونَهُ بَيْنَهُمْ إِلَّا نَزَلَتْ عَلَيْهِمُ السَّكِينَةُ وَعَشِيَّتُهُمُ الرَّحْمَةُ وَحَفَّتُهُمُ الْمَلَائِكَةُ وَذَكَرَهُمُ اللَّهُ فِيمَنْ عِنْدَهُ، وَمَنْ بَطَأَ بِهِ عَمَلُهُ لَمْ يُسْرَعْ بِهِ نَسَبُهُ رَوَاهُ مُسْلِمٌ

Artinya: *Dari Abu Hurairah ra berkata, bahwasanya Rasulullah SAW bersabda, 'Barangsiapa menghilangkan kesulitan seorang mu'min di dunia, maka Allah akan melepaskan kesusutannya pada hari kiamat. Barangsiapa memudahkan orang yang tengah dilanda kesulitan, maka Allah akan memudahkannya di dunia dan di akhirat. Barangsiapa menutupi aib seorang muslim, maka Allah akan menutupi aibnya di dunia dan akhirat. Dan Allah akan menolong hamba-Nya selama hamba itu menolong saudaranya. Dan barang siapa yang menempuh suatu jalan dalam rangka mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga. Tidaklah suatu kaum berkumpul di salah satu rumah Allah, membaca kitab Allah dan mempelajarinya bersama-sama, kecuali ketentrangan akan turun kepada mereka, rahmat akan memenuhi mereka, malaikat menaungi mereka, dan Allah memuji mereka di hadapan makhluk yang berada di sisi-Nya. Barangsiapa yang terlambat amalnya, maka nasibnya tidak akan mempercepat (nasibnya)' (HR. Muslim).*



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian dan pembuatan program simulasi ini, dapat disimpulkan:

1. Secara umum simulasi dengan menggunakan metode fuzzy *Inference System* Mamdani dapat menggambarkan pola pertumbuhan dan perkembangan tanaman wortel. Dengan rata-rata persentase dari jumlah ranting pada percobaan sebesar 83,07%. Atau dengan presentasi kesalahan dari jumlah ranting sebesar 16.63%.
2. Jarak tanam sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, ini dikarenakan gulma yang tumbuh di sekitar tanaman. Semakin lebar jarak tanam maka tanaman semakin baik pertumbuhannya.
3. Dari berbagai kombinasi yang di berikan saat penelitian terlihat bahwa kombinasi jarak tanam 10x20 cm dan waktu penyiangan 7 hari memiliki pertumbuhan yang paling baik, ini di buktikan dengan jumlah ranting yang paling banyak. Dan kombinasi jarak tanam 10x10 cm dan tanpa penyiangan memiliki ranting yang paling sedikit.
4. Metode *XL-System* merupakan konsep yang baik untuk dipergunakan dalam pemodelan tanaman dengan menggunakan framework dari GroIMP.

5.2 Saran

1. Simulasi ini belum bisa mensimulasikan secara detail sebagaimana tanaman yang sebenarnya, bagian-bagian seperti jumlah, panjang dan lebar tangkai, serta panjang umbi belum bisa dimunculkan untuk menyerupai dengan tanaman yang sebenarnya. Untuk mencapai hal tersebut, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dan teori lain untuk pembuatan model simulasi.
2. Kombinasi dari jarak tanam dan waktu penyiangan sebaiknya lebih di perbanyak dan ber variasi, tidak hanya 9 kombinasi saja. Untuk menghasilkan data pertumbuhan yang lebih banyak untuk di jadikan aturan dalam fuzzy sehingga simulasi pertumbuhan dapat lebih menggambarkan proses pertumbuhan persis dengan tanaman aslinya.
3. Untuk pengembangan program ke depannya, program simulasi ini akan lebih baik lagi bila dilengkapi dengan inputan data yang lebih kompleks, tidak hanya jumlah ranting dan jumlah hari saja. Sehingga hasilnya benar-benar bisa menggambarkan proses pertumbuhan persis dengan tanaman aslinya.
4. Program ini masih sangat jauh dari sempurna. Sehingga perlu dilakukan perbaikan dan diharapkan hasil yang diperoleh juga maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad dan Purwoko R. 2011. *Simulasi Transparansi Administrasi Pelanggaran Lalulintas Berbasis Web*. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan komputer AMIKOM.
- Albab, Moh. Ulil. 2012. *Simulasi Pertumbuhan Chrysanthemum Reagent Pink Terhadap Pemberian Komposisi Pupuk Urea dan Kcl Berbasis XL System Menggunakan Fuzzy Mamdani*. Skripsi Tidak Diterbitkan . Malang: Universitas Maulana Malik Ibrahim.
- Asy-Syafi'i. Syaikh Abu Bakar Jabir Al Jazairi. 2007. *Tafsir Alquran Al-Aisar*. Jakarta Timur: Darus sunah press.
- Departemen Agama Republik Indonesia. 1984. *Al-quran dan Tafsirnya*. Jakarta: Proyek Pengembangan Kitab Suci.
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 1996. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Dr. Abdulah bin Muhammad. 2007. *Tafsir Ibnu Katsir*. Bogor: Pustaka Imam.
- Jalaluddin Muhammad Ibn Ahmad Al-Mahalliy dan Jalaluddin Asy-Syuyuth. 2009. *Tafsir Jalalain*. Tasikmalaya: Pustaka Al-Hidayah.
- Julu, Togu. L. S. 2006. *Pengaruh Waktu Penyiangan dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Produktifitas Tanaman Jagunag (Zea mays L.) Varieta DK3*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Keliat, S. D. 2008. *Analisis Sistem Pemasaran Wortel*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Medan: Universitas Sumatera Utara.

Kusumadewi, Sri.2002. *Analisis & Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox MATLAB*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Kusumadewi, Sri.2003. *Artificial Intelligence (Teknik & Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Kusumadewi, Sri.2004. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Meliani dan Sumpena. 2005. *Pengaruh Dosis Pupuk Organik Kascing Dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Wortel (Daucus Carota L.)*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Bandung: Universitas Padjajaran.

Musthofa, Ahmad. 1994. *Tafsir Al-Maraghi*. Beirut: Dar el-fikr.

Pohan, R. A. 2008. *Analisis Usaha Tani dan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pendapatan Petani Wortel*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Medan: Universitas Sumatera Utara.

Putra, Andika W. dkk. 2012. *Metode Simulasi*. Makalah Riset Oprasional II. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Gunadarma.

Schroeder, Roger G. 1997. *Operations Management*. McGrawHill,Inc. New Jersey.

Suharyanti, Yosephine. 1999. *Model Dasar Simulasi Perjalanan Alat Angkut Pada Lintasan Tetap Dan Pengembangannya Pada Kasus Angkutan Kota Fiktif*. JURNAL TEKNOLOGI INDUSTRI, 1999, VOL. III, No. 3, hal 149 – 162

Syaikh Ahmad Muhammad Syakir dan Syaikh Mahmud Muhammad Syakir. 2008. *Tafsir Alquran Ath-Tabari*. Jakarta Selatan: Pustaka Azam.

Zulqifli, Fahrizal. 2011. *Function Structure Plant Model Pertumbuhan Tanaman Bunga Chrysanthemum Indicum Pink Terhadap Pengaruh Pemberian Pupuk Mkp Berbasis XI-System*. Skripsi Tidak Diterbitkan . Malang: Universitas Maulana Malik Ibrahim Malang.

Cahyono, Bambang. 2002. Wortel, *Teknik Budi Daya Dan Analisis Usaha Tani*. Yogyakarta: KANISIUS.

Wahyudi, T dkk. 2008. *Kakao Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Pustaka Nasional: Jakarta.

Samadi, Bambang. 1999. *Usaha tani Bawang putih*. Kasinus: yogyakarta

Damari, Ari. 2008. *Cara Mudah Menaklukkan Olimpiade Sains SD/MI*. Jakarta: WahyuMedia.

Matnawi, Hudi. 1989. *Perlindungan Tanaman*. Kanisius. Yogyakarta.

Rukmana, Rahmat. 1995. *Bertanam Wortel*. Yogyakarta: KANISIUS.

Susilowarno, dkk.2000. *Biologi SMA/MA Kls XII*. Jakarta: Grasindo.

Winarto, dkk. 2004. *Memfaatkan Tanaman Sayuran Untuk Mengatasi Penyakit*. Tangerang: AgroMedia Pustaka.

Winarto, W.P. 2004. *Khasiat & Manfaat Kunyit*. AgroMedia Pustaka: Jakarta

<http://bebas.vlsm.org/v12/sponsor/Sponsor-Pendamping/Praweda/Biologi/0054%20Bio%202-3a.htm> (Diakses 29 september 2012 jam 20.00)

<http://epetani.deptan.go.id/budidaya/aneka-olahan-wortel-untuk-home-industri-1837> (Diakses 4 Juli 2012 jam 20.56).

<http://livean.com/blog/gulma/> (Diakses 30 september 2012 jam 12.25)



LAMPIRAN

Tabel Data Tanaman Wortel Untuk Nilai Ukur Perhitungan Fuzzy Hari Terakhir :

Tanaman 10x10: hari 0	Panjang tangkai (cm)	Jumlah Daun	Jumlah Ranting
1	#####	#####	#####
2	#####	#####	#####
3	#####	#####	#####
4	#####	#####	#####
5	#####	#####	#####
6	#####	#####	#####
7	#####	#####	#####
8	#####	#####	#####
9	#####	#####	#####
10	#####	#####	#####
11	#####	#####	#####
12	#####	#####	#####
13	#####	#####	#####
14	#####	#####	#####
15	#####	#####	#####
Jumlah	#####	#####	#####
Rata-Rata	#####	#####	#####

Tabel 1.1 jarak tanam 10x10 tanpa penyiangan

Tanaman 10x10: hari 7	Panjang tangkai (cm)	Jumlah Daun	Jumlah Ranting
1	#####	#####	#####
2	#####	#####	#####
3	#####	#####	#####
4	#####	#####	#####
5	#####	#####	#####
6	#####	#####	#####
7	#####	#####	#####
8	#####	#####	#####
9	#####	#####	#####
10	#####	#####	#####
11	#####	#####	#####
12	#####	#####	#####
13	#####	#####	#####
14	#####	#####	#####
15	#####	#####	#####
Jumlah	#####	#####	#####
Rata-Rata	#####	#####	#####

Tabel 1.2 jarak tanam 10x10 penyiangan hari ke 7

Tanaman 10x10: hari 14	Panjang tangkai (cm)	Jumlah Daun	Jumlah Ranting
1	#####	#####	#####
2	#####	#####	#####
3	#####	#####	#####
4	#####	#####	#####
5	#####	#####	#####
6	#####	#####	#####
7	#####	#####	#####
8	#####	#####	#####
9	#####	#####	#####
10	#####	#####	#####
11	#####	#####	#####
12	#####	#####	#####
13	#####	#####	#####
14	#####	#####	#####
15	#####	#####	#####
Jumlah	#####	#####	#####
Rata-Rata	#####	#####	#####

Tabel 1.3 jarak tanam 10x10 penyiangan hari ke 14

Tanaman 10x15: hari 0	Panjang tangkai (cm)	Jumlah Daun	Jumlah Ranting
1	#####	#####	#####
2	#####	#####	#####
3	#####	#####	#####
4	#####	#####	#####
5	#####	#####	#####
6	#####	#####	#####
7	#####	#####	#####
8	#####	#####	#####
9	#####	#####	#####
10	#####	#####	#####
11	#####	#####	#####
12	#####	#####	#####
13	#####	#####	#####
14	#####	#####	#####
15	#####	#####	#####
Jumlah	#####	#####	#####
Rata-Rata	#####	#####	#####

Tabel 1.4 jarak tanam 10x15 tanpa penyiangan

Tanaman 10x15: hari 7	Panjang tangkai (cm)	Jumlah Daun	Jumlah Ranting
1	#####	#####	#####
2	#####	#####	#####
3	#####	#####	#####
4	#####	#####	#####
5	#####	#####	#####
6	#####	#####	#####
7	#####	#####	#####
8	#####	#####	#####
9	#####	#####	#####
10	#####	#####	#####
11	#####	#####	#####
12	#####	#####	#####
13	#####	#####	#####
14	#####	#####	#####
15	#####	#####	#####
Jumlah	#####	#####	#####
Rata-Rata	#####	#####	#####

Tabel 1.5 jarak tanam 10x15 penyiangan hari ke 7

Tanaman 10x15: hari 14	Panjang tangkai (cm)	Jumlah Daun	Jumlah Ranting
1	#####	#####	#####
2	#####	#####	#####
3	#####	#####	#####
4	#####	#####	#####
5	#####	#####	#####
6	#####	#####	#####
7	#####	#####	#####
8	#####	#####	#####
9	#####	#####	#####
10	#####	#####	#####
11	#####	#####	#####
12	#####	#####	#####
13	#####	#####	#####
14	#####	#####	#####
15	#####	#####	#####
Jumlah	#####	#####	#####
Rata-Rata	#####	#####	#####

Tabel 1.6 jarak tanam 10x15 penyiangan hari ke 14

Tanaman 10x20: hari 0	Panjang tangkai (cm)	Jumlah Daun	Jumlah Ranting
1	#####	#####	#####
2	#####	#####	#####
3	#####	#####	#####
4	#####	#####	#####
5	#####	#####	#####
6	#####	#####	#####
7	#####	#####	#####
8	#####	#####	#####
9	#####	#####	#####
10	#####	#####	#####
11	#####	#####	#####
12	#####	#####	#####
13	#####	#####	#####
14	#####	#####	#####
15	#####	#####	#####
Jumlah	#####	#####	#####
Rata-Rata	#####	#####	#####

Tabel 1.7 jarak tanam 10x20 tanpa penyiangan

Tanaman 10x20: hari 7	Panjang tangkai (cm)	Jumlah Daun	Jumlah Ranting
1	#####	#####	#####
2	#####	#####	#####
3	#####	#####	#####
4	#####	#####	#####
5	#####	#####	#####
6	#####	#####	#####
7	#####	#####	#####
8	#####	#####	#####
9	#####	#####	#####
10	#####	#####	#####
11	#####	#####	#####
12	#####	#####	#####
13	#####	#####	#####
14	#####	#####	#####
15	#####	#####	#####
Jumlah	#####	#####	#####
Rata-Rata	#####	#####	#####

Tabel 1.1 jarak tanam 10x20 penyiangan hari ke 7

Tanaman 10x20: hari 14	Panjang tangkai (cm)	Jumlah Daun	Jumlah Ranting
1	#####	#####	#####
2	#####	#####	#####
3	#####	#####	#####
4	#####	#####	#####
5	#####	#####	#####
6	#####	#####	#####
7	#####	#####	#####
8	#####	#####	#####
9	#####	#####	#####
10	#####	#####	#####
11	#####	#####	#####
12	#####	#####	#####
13	#####	#####	#####
14	#####	#####	#####
15	#####	#####	#####
Jumlah	#####	#####	#####
Rata-Rata	#####	#####	#####

Tabel 1.1 jarak tanam 10x20 penyiangan hari ke 14

Foto-foto Penelitian



