

**SIMULASI PERTUMBUHAN TANAMAN WORTEL
TERHADAP PENGARUH PEMBERIAN KADAR
PENYIRAMAN MENGGUNAKAN
FUZZY TSUKAMOTO BERBASIS *XL SYSTEM***

SKRIPSI

Oleh :

**FAJAR LUTHFI ANWARI
NIM. 08650134**



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

**SIMULASI PERTUMBUHAN TANAMAN WORTEL TERHADAP
PENGARUH PEMBERIAN KADAR PENYIRAMAN MENGGUNAKAN
FUZZY TSUKAMOTO BERBASIS *XL SYSTEM***

SKRIPSI

Diajukan Kepada:

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

Oleh:

**FAJAR LUTHFI ANWARI
NIM. 08650134**

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

**SIMULASI PERTUMBUHAN TANAMAN WORTEL TERHADAP
PENGARUH PEMBERIAN KADAR PENYIRAMAN MENGGUNAKAN
FUZZY TSUKAMOTO BERBASIS *XL SYSTEM***

SKRIPSI

Oleh:

FAJAR LUTHFI ANWARI

NIM. 08650134

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:

Tanggal, 5 April 2013

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Suhartono, M.Kom
NIP. 196805192003121 001

Ach. Nashichuddin, M.A
NIP. 197307052000031002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika

Ririen Kusumawati, M.Kom
NIP. 197203092005012002

**SIMULASI PERTUMBUHAN TANAMAN WORTEL TERHADAP
PENGARUH PEMBERIAN KADAR PENYIRAMAN MENGGUNAKAN
FUZZY TSUKAMOTO BERBASIS XL SYSTEM**

SKRIPSI

Oleh :

FAJAR LUTHFI ANWARI

NIM. 08650134

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

Tanggal, 19 April 2013

Susunan Dewan Penguji:	Tanda Tangan
1. Penguji Utama : Zainal Abidin, M.Kom NIP. 197606132005011004	()
2. Ketua : Muhammad Faisal, M.T NIP. 197405102005011007	()
3. Sekretaris : Suhartono, M.Kom NIP. 196805192003121001	()
4. Anggota : Ach. Nashicuddin, M.A NIP. 197307052000031002	()

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Ririen Kusumawati, M.Kom
NIP. 197203092005012002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fajar Luthfi Anwari

NIM : 08650134

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 PEMBERIAN KADAR PENYIRAMAN MENGGUNAKAN FUZZY TSUKAMOTO BERBASIS XL SYSTEM* 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, 5 April 2013

Yang membuat pernyataan,

FAJAR LUTHFI ANWARI

NIM. 08650134

MOTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"KATAKANLAH YANG BENAR
WALAU PUN ITU
MENYAKITKAN"

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Dengan iringan do'a dan rasa syukur yang teramat besar,
kupersembahkan karya sederhana ini kepada:
Bapak (M. Syakir) dan Ibunda (Susilawati) tercinta
Yang tak pernah lelah untuk mencurahkan kasih sayangnya kepada
penulis, dan iringan do'anya yang selalu menyertai langkah.
Kakak (Afif Anshori) dan adik (Ahmad Haikal Zamzami &
Ahmad Nizar Fatahillah) tercinta
Yang selalu memberi motivasi penulis untuk tetap semangat
melangkah ke depan.*

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.

Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada nabi besar Muhammad SAW. 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. Bapak M. Syakir dan ibu Susilawati, ayahanda dan ibunda yang selalu berdo'a untuk kesuksesan ananda. Semoga Allah selalu memberikan kesehatan dan umur panjang yang barokah kepada beliau.
2. Ibu Ririen Kusumawati, M.Kom, selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
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. Bapak Zainal Abidin, M.Kom, dan segenap dosen dan staf pengajar, terima kasih atas bimbingan dan semua ilmu yang telah diberikan.
 7. Kakak dan adik-adikku, Mas Afif Anshori sekeluarga, Ahmad Haikal Zamzami dan Ahmad Nizar Fatahillah, serta segenap keluarga yang telah memberikan dukungan, do'a, dan motivasi bagi penulis.
 8. Bapak Muhadi, ibu Siti Asiyah, mas M. Asbahul 'Ulum, adik M. Aziz Fahrudin beserta keluarga yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan, serta Mukhlis Zulfa yang tiada henti memberikan motivasi dan do'a.
 9. Bapak Wibowo yang telah membantu penelitian ini, terima kasih atas bimbingan dan bantuan yang telah diberikan.
 10. Sahabat-sahabat Laskar D'Carti yang selalu penuh dengan canda tawa, khususnya kepada Bayu poyet, Andi cungkkring, Agus bebe, Fikri e-mail, Veli, terimakasih atas semua bantuan dan motivasinya.
 11. Sahabat-sahabat penghuni kontrakan 16 A. terima kasih atas kritik dan sindiranya sehingga memacu penulis untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
 12. 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, 5 April 2013



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGAJUAN	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN	
MOTO	
PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI.....	xviii
DAFTAR GAMBAR.....	xx
DAFTAR TABEL.....	viii
ABSTRAK.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
المخلص.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	8
2.1 Pengertian Simulasi.....	8
2.1.1 Model-model Simulasi.....	9
2.2 Pertumbuhan.....	10
2.2.1 Pertumbuhan Pada Tumbuhan.....	11
2.3 Tanaman Wortel.....	13
2.4 Pupuk.....	17
2.4.1 Monosodium Glutamat.....	18
2.5 Air.....	21
2.6 <i>XL – System</i>	23
2.7 Fuzzy.....	25
2.7.1 Logika Fuzzy.....	25
2.7.2 Himpunan Fuzzy.....	27
2.7.3 Fungsi Keanggotaan.....	28
2.7.4 Sistem Inference Fuzzy.....	30
2.8 Pertumbuhan Tanaman dalam Perspektif Al-Qur’an.....	33

BAB III METODE PENELITIAN.....	40
3.1 Rancangan Penelitian.....	40
3.2 Objek Penelitian	41
3.3 Variabel Penelitian	41
3.4 Waktu dan Tempat	41
3.5 Alat dan Bahan	42
3.6 Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	42
3.6.1 Persiapan Lahan.....	42
3.6.2 Penyiapan Bibit Tanaman	44
3.6.3 Penanaman dan Pemeliharaan	45
3.7 Pengambilan Data.....	46
3.8 Analisa dan Desain	47
3.8.1 Pengolahan Data	47
3.9 Desain Sistem.....	48
3.9.1 Input	50
3.9.2 Proses	50
3.9.3 Output	56
3.10 Tahap Implementasi	56
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	 57
4.1 Implementasi Program.....	57
4.1.1 Instalasi Program	57
4.1.2 Pembuatan dan Pengujian Program	57
4.1.3 Pembentukan Himpunan Fuzzy (<i>Fuzzyfikasi</i>).....	58
4.1.4 Aplikasi Fungsi Implikasi	61
4.1.5 Menentukan Nilai Titik Tengah (<i>Defuzzyfikasi</i>)	65
4.2 Hasil Program.....	67
4.3 Evaluasi Program	68
4.4 Simulasi Tanaman Wortel dalam Pandangan Islam.....	71
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	 74
5.1 Kesimpulan	74
5.2 Saran	74
 DAFTAR PUSTAKA.....	 75
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Wortel (sumber: hortikulturis.blogspot.com).....	17
Gambar 2.2. Monosodium Glutamat (sumber:foodists.ca).....	19
Gambar 2.3. Representasi Linier Naik.....	29
Gambar 2.4. Representasi Linier Turun.....	29
Gambar 2.5. Representasi Kurva Segitiga	30
Gambar 2.6. Inferensi dengan Menggunakan Metode Tsukamoto	33
Gambar 3.1. Lahan Penanaman Wortel.....	42
Gambar 3.2. Desain sistem	49
Gambar 3.3. Diagram alur sistem.....	49
Gambar 3.4. Representasi Fungsi Keanggotaan dari Penyiraman	53
Gambar 3.5. Representasi Fungsi Keanggotaan dari MSG	54
Gambar 3.6. Desain Simulasi.....	56
Gambar 4.1. Tekstur Daun.....	66
Gambar 4.2. Hasil Simulasi Tanaman	67
Gambar 4.3. Hasil Tampilan Pertumbuhan.....	67
Gambar 4.4. Grafik Pertumbuhan Tanaman.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Kombinasi Perlakuan Tanaman	40
Tabel 3.2. Rincian Perlakuan Kelompok Tanaman.....	43
Tabel 3.3. Hasil Rata-rata Pengukuran Tiap Kombinasi Perlakuan.....	47
Tabel 3.4. Himpunan Variabel Input Fuzzy Kadar Penyiraman (p).....	51
Tabel 3.5. Himpunan Variabel Input Fuzzy Pupuk MSG (m).....	51
Tabel 3.6. Aturan Fuzzy Kombinasi Takaran Penyiraman dan MSG	51
Tabel 4.1. Perbandingan Data Lapangan dan Hasil Program Pengukuran ke-1 .	65
Tabel 4.2. Penjelasan Perhitungan.....	69
Tabel 4.3. Perbandingan Data Lapangan dan Hasil Program Pengukuran ke-2 .	69
Tabel 4.4. Perbandingan Data Lapangan dan Hasil Program Pengukuran ke-3 .	70
Tabel 4.5. Perbandingan Data Lapangan dan Hasil Program Pengukuran ke-4 .	70
Tabel 4.6. Perbandingan Data Lapangan dan Hasil Program Pengukuran ke-5 .	70
Tabel 4.7. Hasil Akhir Perbandingan	71

ABSTRAK

Anwari, Fajar Luthfi. 2013. **Simulasi Pertumbuhan Tanaman Wortel Terhadap Pengaruh Pemberian Kadar Penyiraman Menggunakan Fuzzy Tsukamoto Berbasis *XL System***. Pembimbing : (I) Suhartono, M.Kom, (II) Ach. Nashichuddin, M.A.

Kata Kunci : Pertumbuhan, Air, MSG, *XL-system*, Fuzzy tsukamoto.

Tanaman wortel atau dalam bahasa latin disebut dengan *Daucus Carota* merupakan tumbuhan jenis sayuran umbi yang biasanya berwarna jingga atau putih dengan tekstur serupa kayu. Wortel merupakan bahan pangan yang sangat kaya akan kalsium dan fosfor, vitamin A, dan beragam bahan bermanfaat lain. Tak heran, pakar gizi menyarankan agar wortel dikonsumsi setiap hari. Wortel kaya akan serat yang dibutuhkan tubuh dan membantu menghindarkan pembentukan sel kanker.

Salah satu usaha yang dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan jumlah cabang pada tanaman wortel (*Daucus Carota*) adalah dengan melakukan uji coba dari berbagai macam variasi perlakuan pemupukan. Namun proses tersebut masih dilakukan secara manual dan menghabiskan banyak waktu dan biaya. Selain itu hasil yang diperoleh juga hanya terbatas pada hasil akhir tanpa mengetahui bagaimana proses pertumbuhan tanaman berlangsung.

Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan pertumbuhan tanaman wortel (*Daucus Carota*) dan memperkirakan jumlah cabang. Saat ini proses simulasi telah mampu menganalisis dan mempelajari proses pertumbuhan tanaman wortel (*Daucus Carota*). Salah satunya adalah simulasi pertumbuhan tanaman berbasis *XL System*. Dengan teknologi ini pertumbuhan tanaman dari waktu ke waktu dapat diketahui. Disamping itu metode fuzzy tsukamoto digunakan untuk memperkirakan jumlah cabang.

Berdasarkan perlakuan dari komposisi kadar penyiraman dan pupuk MSG, maka hasil simulasi telah mampu menggambarkan pola pertumbuhan dan perkembangan tanaman wortel (*Daucus Carota*) dengan rata-rata persentase akurasi dari jumlah cabang pada percobaan yang dilakukan sebesar 53.9%.

ABSTRACT

Anwari, Fajar Luthfi. 2013. **Growth Simulation Carrots against Effect of Watering Levels Using Fuzzy Tsukamoto Based XL-System.** Thesis. Informatics Department, Science and Technology Faculty, The State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang.

Supervisor: (I) Suhartono, M.Kom
(II) Ach. Nashichuddin, M.A.

Keyword : Simulation, growth, water, MSG, *XL-system*, fuzzy tsukamoto

Carrot plants or in Latin called *Daucus Carota* is a tuber vegetable plant species which are usually orange or white with a texture similar to wood. Carrot is a food that is rich in calcium and phosphorus, vitamin A, and a variety of other beneficial ingredients. Not surprisingly, nutrition experts suggest that carrots are consumed every day. Carrots are rich in fiber that the body needs and helps prevent the formation of cancer cells.

One attempt was made to determine growth number of branches in carrot plants (*Daucus Carota*) is to conduct trials on a wide variety of fertilizer treatment. However, this process is still done manually and spend a lot of time and expense. In addition, the results obtained are also confined to the final result without knowing how the process of plant growth takes place.

This research aims to simulate the growth of carrot plants (*Daucus Carota*) and estimate the number of branches. Currently the process of simulation has been able to analyze and study the process of the growth of carrot plants. One of them is plant growth simulation based XL-System. With this technology plant growth over time can be determined. Besides that the method of Fuzzy Tsukamoto is used to estimate the number of branches.

Based on the treatment of the composition of watering and fertilizer levels MSG, then the results of the simulation have been able to describe patterns of plant growth and development of carrot (*Daucus Carota*) with an average accuracy percentage of the number of branches in the experiments were carried out at 53.9%.

الملخص

أنوري، فجر لطفي. ٢٠١٣ م. المحاكاة نمو النبات من الجزرة ضد تأثير إدارة المحتوى السقاية مستويات استخدام فزّي تسوكاموتو استنادا نظام-XL. البحث الجامعي. قسم تقنيات المعلوماتية. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج.

المشرف : (١) سوهارتونو الماجستير
(٢) أحمد ناصح الدين الماجستير

الكلمة الرئيسية: النمو ، المياه ، MSG ، نظام-XL ، فزّي تسوكاموتو

النبات من الجزرة أو في اللاتينية يسمى *Daucus Carota* هو نوع من المصاييح مصنع الخضار وعادة ما تكون البرتقالي أو أبيض والملمس مثل الأخشاب. الجزرة هو الغذاء التي هي غنية جدا في الكالسيوم والفوسفور، فيتامين A، ومجموعة متنوعة من المكونات المفيدة الأخرى. وليس من المستغرب، خبراء التغذية توحى أن الجزرة تستهلك كل يوم. الجزرة هي غنية في الألياف التي يحتاجها الجسم ويساعد على منع تكوين خلايا السرطان.

واحدة من المحاوله وقد أجريت لتحديد نمو عدد الفروع على النبات الجزرة (*Daucus Carota*) هو اختبار مجموعة متنوعة واسعة من معالجة الأسمدة. ومع ذلك، هذه العملية لا يزال يتم يدويا وتنفق الكثير من الوقت والنفقات. وبالإضافة إلى ذلك، النتائج هي أيضا يقتصر على النتيجة النهائية دون ان تعرف كيف تأخذ عملية نمو النبات مكانا.

يهدف هذا البحث إلى محاكاة نمو النباتات الجزرة (*Daucus Carota*) وتقدير عدد من الفروع. حاليا وقد تم محاكاة عملية قادرة على تحليل ودراسة عملية نمو النبات الجزرة. واحد منهم هو محاكاة نمو النباتات يستند نظام-XL. مع هذه التكنولوجيا نمو النباتات على مر الزمن يمكن تحديده. وبالإضافة إلى ذلك ويستخدم أسلوب فزّي تسوكاموتو لتقدير عدد من الفروع.

استنادا إلى المعاملة من تكوين أعمال الري ومستويات التسميد MSG، وكانت نتائج المحاكاة قادرة على وصف أنماط نمو النبات والتنمية الجزرة (*Daucus Carota*) مع نسبة متوسط من الدقة من عدد الفروع وأجريت التجارب بها في 53.9%.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sesungguhnya Allah memerintahkan kepada manusia untuk senantiasa terus belajar dan memahami rahasia kehidupan. Perintah ini termaktub dalam firman Allah SWT pada surat Al-Furqon ayat 6 sebagai berikut:

قُلْ أَنْزَلَهُ الَّذِي يَعْلَمُ السِّرَّ فِي السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ إِنَّهُ كَانَ غَفُورًا رَحِيمًا ﴿٦﴾

Artinya : *“Katakanlah Al-Quran itu diturunkan oleh (Allah) yang mengetahui rahasia di langit dan di bumi. Sesungguhnya Dia adalah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang.” (QS. Al-Furqon ayat 6).*

Ayat di atas menjelaskan kepada kita bahwa Allah SWT menurunkan Al-Qur’an adalah sebagai media bagi manusia untuk mengetahui tentang kehidupan dengan cara kita mengkaji, meneliti, dan mempelajari ayat demi ayat pada Al-Qur’an.

Dalam perkembangan ilmu teknologi, Al-Qur’an sangat berperan guna memberikan informasi-informasi terkait dengan teknologi tersebut. Dalam Al-Qur’an banyak terdapat informasi mengenai teknologi yang belum terkuak.

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

Teknologi yang berkembang mengenai sifat dan karakter tanaman dilakukan dengan cara membuat simulasi pemodelan pertumbuhan tanaman sehingga diharapkan mampu menampilkan bentuk pemodelan kehidupan buatan tanaman tersebut yang menyerupai aslinya. Simulasi pemodelan pertumbuhan tanaman yang menggambarkan keadaan seperti keadaan aslinya 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 Daisy Yellow* Terhadap Pengaruh Media Tanam Dengan Metode *XI-System* ini dilakukan oleh Ahmad Fauzan Fauroni. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi media tanam terhadap pertumbuhan bunga krisan.

Berdasarkan penelitian tentang bunga krisan tersebut, maka pada penelitian ini akan rancang simulasi pertumbuhan tanaman wortel. Tanaman wortel atau *daucus carota* merupakan tumbuhan sayur yang dapat ditanam sepanjang tahun. Wortel dapat tumbuh subur, terutama di daerah pegunungan yang memiliki suhu udara dingin dan lembab, kurang lebih pada ketinggian 1200 meter di atas permukaan laut. Tanaman wortel selain sebagai bahan sayur mayur, juga dapat dimanfaatkan sebagai olahan makanan lain seperti keripik wortel, sari wortel, dan selai wortel.

Selain itu pengembangan tanaman wortel tidak hanya terbatas pada bahan makanan saja, wortel juga dapat dijadikan bahan obat-obatan dan bahan

kosmetik. Hal ini dikarenakan wortel sangat banyak mengandung vitamin A. Tanaman wortel dapat dijadikan obat untuk penyakit mata, sariawan, dan gusi berdarah. Dalam bidang kosmetik, wortel dapat dijadikan sebagai bahan untuk menjaga kesehatan kulit. (Ir. Bambang Cahyono:2002).

Tanaman wortel sangat rentan terhadap penyakit dan hama. Jika tanaman wortel telah diserang penyakit atau hama, maka kualitas wortel yang dihasilkan akan menurun. Kualitas dari wortel itu sendiri sangat dipengaruhi oleh proses pembudidayaan dan bagaimana perawatannya.

Salah satu dari proses perawatan tanaman wortel adalah proses penyiraman. Proses penyiraman berpengaruh pada kelembaban tanah. Karena jika tanah terlalu lembab maka tanaman berpotensi terkena penyakit jamur. Sedangkan jika kelembabanya kurang maka pertumbuhan tanaman akan terganggu.

Dalam Al-Qur'an surat Al-An'am ayat 99 Allah mengajak manusia untuk mempelajari proses-proses yang terjadi pada pertumbuhan tanaman.

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ
 خَضِرًا حُجْرًا 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 Dia-lah 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 surat Al-An’am ayat 99 di atas menjelaskan tentang seruan kepada manusia untuk mempelajari bagaimana tanaman diciptakan, berkembang dan tumbuh hingga menjadi tanaman yang sempurna. Sesuai dengan tujuan Allah menciptakan manusia yang memiliki keistimewaan daripada makhluk lainnya. Manusia diberikan nikmat akal, dan dengan akal manusia dapat mengatur, meneliti dan berpikir tentang alam semesta yang ada di sekelilingnya untuk menemukan hal baru yang belum diketahui sebelumnya.

Dari penjelasan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa penelitian ini bertujuan untuk lebih memahami tentang pertumbuhan tanaman melalui proses simulasi pemodelan pertumbuhan tanaman. Dan yang menjadi objek dalam penelitian ini adalah tanaman wortel yang diberikan perlakuan berupa perbedaan pemberian kadar penyiraman dan pemberian pupuk (MSG).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana membangun simulasi pemodelan pertumbuhan tanaman wortel terhadap pengaruh pemberian kadar penyiraman (campuran air dan MSG) menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* berbasis *XL-System*?”

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat simulasi pemodelan pertumbuhan tanaman wortel terhadap pengaruh pemberian kadar penyiraman (campuran air dan MSG) menggunakan *Fuzzy Tsukamoto* berbasis *XL-System*.

1.4 Manfaat Penelitian

Sebagaimana yang telah dikemukakan dalam latar belakang dan rumusan masalah, serta tujuan penelitian, maka penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat diantaranya:

1. Dapat dijadikan acuan sebagai penentu kadar penyiraman yang tepat untuk memperoleh hasil tanaman wortel dengan kualitas terbaik.
2. Dapat mengetahui pertumbuhan tanaman wortel secara simulasi terhadap berbagai macam kadar penyiraman.
3. Dapat dijadikan sebagai referensi untuk melakukan penelitian lebih lanjut.
4. Dapat mengetahui fungsi MSG terhadap pertumbuhan tanaman wortel.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah, serta tujuan dari penelitian, agar penelitian ini sesuai dengan tujuan yang dimaksud dan agar pembahasan tidak meluas, serta tidak menimbulkan permasalahan yang baru, maka sangat perlu peneliti memberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Objek yang digunakan adalah morfologi tanaman wortel (*daucus carota*), dalam hal ini yang digunakan adalah jumlah cabang.

2. Variabel yang digunakan adalah pemberian MSG dan penyiraman tanaman. Dengan takaran maksimum untuk MSG adalah 6 gram dan minimum adalah 0 gram. Sedang takaran maksimum untuk penyiraman adalah 2 liter, dan minimum adalah 0 liter.
3. Penanaman dilakukan di ruang terbuka (kebun) dan lama penanaman 50 hari.
4. Metode yang digunakan untuk menentukan jumlah cabang adalah *Fuzzy Tsukamoto*.
5. Untuk output pertumbuhan masih dapat mensimulasikan jumlah cabang tanaman wortel.

1.6 Sistematika Penulisan

Peneliti menyusun sistematika penulisan sebagai berikut agar dalam pembahasan penelitian ini tersusun secara sistematis:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori yang mendukung dan berhubungan dengan judul penelitian, yaitu tanaman wortel, MSG, penyiraman tanaman, *XL System*, dan *Fuzzy Tsukamoto*.

BAB III METODE PENELITIAN

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

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

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

BAB V PENUTUP

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

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.

Simulasi dapat didefinisikan sebagai suatu proses peniruan dari sesuatu yang nyata beserta keadaan sekelilingnya (state of affairs). Peniruan ini dilakukan dalam rangka penelitian, penyelidikan ataupun pengujian yang bersifat terbatas dan terfokus pada suatu aktivitas atau operasi tertentu dengan maksud untuk mengetahui karakteristik, keadaan dan hal-hal lainnya yang masih berkaitan. Peniruan pada simulasi tidak menghasilkan sistem atau objek yang sama dan tidak bertujuan untuk menggandakan sistem atau objek. Peniruan pada simulasi berusaha menghadirkan sistem yang nyata dalam bentuk maya melalui penggunaan tiruan dari bentuk aslinya meskipun tidak bisa sepenuhnya sama dengan aslinya. (Albab, Moh. Ulil.2012)

Law and Kelton (1991) dalam Ahmad dan Rohmat (2001) menjelaskan bahwa 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 menjadi beberapa bagian, antara lain:

1. Model *Stochastic* atau *probabilistic*

Model *stochastic* adalah model yang menjelaskan kelakuan sistem secara probabilistik, informasi yang masuk adalah secara acak. Model ini kadang-kadang juga disebut sebagai model simulasi *Monte Carlo*. Di dalam proses *stochastic* sifat-sifat keluaran (*output*) merupakan hasil dari konsep *random* (acak). Meskipun *output* yang diperoleh dapat dinyatakan dengan rata-rata, namun kadang-kadang ditunjukkan pula pola penyimpangannya. Model yang mendasarkan pada teknik peluang dan memperhitungkan ketidakpastian (*uncertainty*) disebut model *probabilistic* atau model *stochastic*.

2. Model *Deterministic*

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

3. Model *Dinamic*

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

4. Model *Static*

Model *static* adalah kebalikan dari model *dinamic*. Model *static* tidak memperhatikan perubahan-perubahan nilai dari variabel-variabel yang ada kalau terjadi pada waktu yang berbeda.

5. Model *Heuristic*

Model *heuristic* 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.

6. Simulasi *Analog*

Simulasi *analog* mempergunakan representasi fisik untuk menjelaskan karakteristik penting dari suatu masalah model hidraulik sistem ekonomi makro.

7. Simulasi *Symbolic*

Simulasi *symbolic* yang pada dasarnya adalah model *mathematics* yang pemecahannya dipermudah dengan menggunakan komputer, disebut juga dengan Simulasi Komputer. (Andika Putra. tim, 2012).

2.2 Pertumbuhan

Pertumbuhan adalah proses penambahan ukuran sel atau organisme. Pertumbuhan ini bersifat kuantitatif/terukur. Perkembangan adalah proses menuju kedewasaan pada organisme. Proses ini berlangsung secara kualitatif. Baik pertumbuhan atau perkembangan bersifat irreversibel.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia pertumbuhan adalah 1) timbul (hidup) dan bertambah besar atau sempurna, 2) sedang berkembang (menjadi besar, sempurna, dan sebagainya), 3) timbul; terbit; terjadi (sesuatu).

2.2.1 Pertumbuhan Pada Tumbuhan

Dikutip dari 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:

1. 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:

- a. tunas embrionik yaitu calon batang dan daun
- b. akar embrionik yaitu calon akar
- c. 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

a. Daerah pembelahan

Sel-sel di daerah ini aktif membelah (meristematik)

b. Daerah pemanjangan

Berada di belakang daerah pembelahan

c. 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.

2. 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 intravaskuler. Fungsinya adalah membentuk *xilem* dan *floem primer*.

Selanjutnya parenkim akar/batang yang terletak diantara 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 Tanaman Wortel

Tanaman wortel atau dalam bahasa latin disebut dengan *daucus carota* merupakan tumbuhan jenis sayuran umbi yang biasanya berwarna jingga atau putih dengan tekstur serupa kayu. Wortel bukanlah tanaman asli Indonesia, melainkan tanaman yang berasal dari negeri yang beriklim sedang (sub-tropis) yaitu berasal dari Asia Timur dan Asia Tengah. Wortel ditemukan tumbuh liar sekitar 6.500 tahun yang lalu. Rintisan budidaya wortel pada mulanya terjadi di daerah sekitar Laut Tengah, menyebar luas ke kawasan Eropa, Afrika, Asia dan akhirnya ke seluruh bagian dunia yang telah terkenal daerah pertaniannya.

Wortel atau *daucus carota* merupakan tumbuhan sayur yang ditanam sepanjang tahun. Terutama di daerah pegunungan yang memiliki suhu udara dingin dan lembab, kurang lebih pada ketinggian 1200 meter di atas permukaan laut. Tumbuhan wortel membutuhkan sinar matahari dan dapat tumbuh pada semua musim. Wortel mempunyai batang daun basah yang berupa sekumpulan pelepah (tangkai daun) yang muncul dari pangkal buah bagian atas (umbi akar), mirip daun seledri.

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).

Menurut Ir. H. Rahmat Rukmana (1995), 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 lala.

Wortel akan tumbuh baik pada daerah yang mempunyai suhu berkisar antara 16-21 °C. Suhu yang paling baik untuk proses perkecambahan biji adalah antara 8-18 °C Wortel dapat tumbuh dengan optimal pada tanah yang mempunyai struktur remah, gembur dan kaya akan humus dengan pH berkisar antara 5,5- 6,5. (Hukum, Kuntarsih dan Simanjuntak, 1990). Umbi wortel dapat dipanen setelah berumur kira-kira 2,5-4 bulan. Umbi yang baik adalah yang masih muda karena umbi yang sudah tua mempunyai tekstur yang keras dan pahit.

Bagian yang dapat dimakan dari wortel adalah bagian umbi atau akarnya. Wortel merupakan bahan pangan yang sangat kaya akan kalsium dan fosfor, vitamin A, dan beragam bahan bermanfaat lain. Tak heran, pakar gizi menyarankan agar wortel dikonsumsi setiap hari. Wortel kaya akan serat yang dibutuhkan tubuh dan membantu menghindarkan pembentukan sel kanker. (Aprilia Fadjar P. & Arif Liasta G. 2007).

Komponen terbesar dari umbi wortel adalah air, sedangkan komponen yang lain adalah karbohidrat, yang merupakan komponen padatan terbesar,

sedangkan protein, lemak dan beberapa vitamin dan mineral terdapat dalam jumlah kecil.

Menurut Keliat (2008) bagian- Bagian wortel terdiri dari beberapa bagian:

1. Daun

Daun berfungsi sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis untuk menghasilkan zat-zat yang diperlukan dalam proses pertumbuhan wortel. Daun wortel bersifat majemuk menyirip ganda dua atau tiga, anak-anak daun berbentuk lanset (garis-garis).

2. Batang

Batang tanaman wortel sangat pendek sehingga hampir tidak terlihat, berbentuk bulat, agak keras, dan berdiameter kecil. Batang berfungsi sebagai jalan untuk mengangkut air dan zat-zat makanan dari dalam tanah ke daun.

3. Akar

Akar berfungsi untuk menyerap air yang diperlukan tanaman untuk melangsungkan proses fotosintesis.

4. Bunga

Bunga sayuran wortel tumbuh pada ujung tanaman, berbentuk payung dan berwarna putih atau merah jambu agak pucat.

5. Umbi

Umbi wortel merupakan bagian utama sayuran wortel untuk dikonsumsi masyarakat, umbi wortel bertekstur renyah dengan ujung yang runcing atau tumpul.

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 Imperator, Chantenay, dan Nantes (Cahyono, 2002).

Tipe Imperator 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 Imperator 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.



Gambar 2.1. Tanaman Wortel (sumber: hortikulturis.blogspot.com)

Kingdom : *Plantae* (tumbuh-tumbuhan)

Divisi : *Spermatophyta* (tumbuhanberbiji)

Sub-Divisi : *Angiospermae*

Klas : *Dicotyledonae*

Ordo : *Umbelliferales*

Famili : *Umbelliferae (Apiaceae)*

Genus : *Daucus*

Spesies : *Daucus carota L.*

2.4 Pupuk

Dalam arti luas yang dimaksud pupuk ialah suatu bahan yang digunakan untuk mengubah sifat fisik, kimia atau biologis tanah sehingga menjadi lebih baik bagi pertumbuhan tanaman. Termasuk dalam pengertian ini adalah pemberian bahan kapur dengan maksud untuk meningkatkan pH tanah yang masam serta pemberian pembenah tanah (soil conditioner) untuk memperbaiki sifat fisik tanah. Demikian pula pemberian Urea dalam tanah akan meningkatkan kadar N dalam tanah tersebut. Semua usaha tersebut dinamakan pemupukan. Dengan demikian bahan kapur, pembenah tanah dan Urea disebut pupuk. (Albab, Moh. Ulil.2012).

Pada lahan yang tidak terusik manusia, kesuburan tanah selalu meningkat, karena terjadi pelonggokan materi dan energi di tempat tersebut. Mineral dari jeluk yang lebih dalam diangkut ke daun dan digugurkan ke permukaan tanah. Gas-gas di udara terutama CO₂ dijerat dan digunakan sebagai penyusun tubuh tumbuhan. Tumbuhan selalu hidup bersama dengan lelembut (mikrobia). Serasah tumbuhan menjadi makanan dan sumber energi bagi lelembut tersebut untuk terus bekerja. Hasil perombakan digunakan kembali oleh tumbuhan. Interaksi mineral dan bahan organik yang terus menerus itu, akan diikuti ketersediaan hara dan lengas yang makin besar, sehingga memberikan lingkungan yang terbaik bagi tumbuhan.

Semakin berkurang usikan manusia terhadap suatu lahan, maka lahan tersebut akan bertambah subur. Sebaliknya, semakin banyak usikan semakin banyak pula masukan yang harus diberikan agar lahan tetap subur. Semakin intensif lahan dikelola, semakin banyak pula pupuk yang diperlukan.

2.4.1 Monosodium Glutamat

MSG ditemukan Profesor Ikeda yang berkebangsaan Jepang pada tahun 1970. MSG mudah larut dalam air dan MSG mudah bersenyawa dengan asam amino lainnya yang akan membentuk protein. *Monosodium glutamat* dikenal sebagai bahan tambahan untuk pembangkit cita rasa. Istilah pembangkit cita rasa (flavor enhancer/ flavor potentiator) digunakan untuk bahan-bahan yang dapat meningkatkan rasa enak yang tidak diinginkan dari suatu makanan. Sedangkan bahan pembangkit itu sendiri tidak atau sedikit mempunyai cita rasa. Secara alamiah asam glutamat ditemukan dalam protein

hanya sebagai L-asam gluta-mat yang identik dengan asam glutamat buatan pabrik. Hanya saja asam glutamat buatan pabrik sudah ditambah dengan unsur tambahan. Di dalam asam amino L-asam glutamat ditemukan dalam kombinasi yang seimbang. Tetapi tidak ada asam amino yang digunakan untuk penyemprotan tanaman sebagai pemacu pertumbuhan kecuali asam amino sintetis (Iswasta Eka.2004).

Mononatrium glutamat atau *monosodium glutamat* (MSG) dikenal masyarakat sebagai bumbu masak yang menimbulkan rasa gurih. secara kimiawi, MSG adalah garam natrium dari asam glutamat. satu ion hidrogen (dari gugus -----OH yang berkaitan dengan atom C-alfa) digantikan oleh ion natrium. rasanya lezat luarbiasa sehingga banyak kalangan yang selalu ketagihan dibuatnya.



Gambar 2.2. Monosodium Glutamat (sumber : foodists.ca)

Secara alamiah asam glutamat ditemukan dalam protein hanya sebagai L-asam glutamat yang identik dengan asam glutamat buatan pabrik. Hanya saja asam glutamat buatan pabrik sudah ditambah dengan unsur tambahan. Di dalam asam amino asam glutamat ditemukan dalam kombinasi yang seimbang. Tetapi tidak ada asam amino yang digunakan untuk

penyemprotan tanaman sebagai pemacu pertumbuhan kecuali asam amino sintetis.

Dikutip dari blog risly-rald.blogspot.com, selain sebagai penyedap makanan, MSG juga dapat digunakan sebagai pupuk tanaman. Fungsi MSG sebagai tanaman cenderung mirip dengan pupuk Urea. MSG banyak mengandung nitrogen dan nitrat sehingga mampu menyuburkan daun tanaman. Jadi MSG dapat dijadikan alternatif sebagai pengganti pupuk urea.

Dikutip dari meynyeng.wordpress.com, MSG dapat digunakan sebagai pupuk pada tanaman karena MSG mengandung unsur-unsur hara yang dibutuhkan tanaman, khususnya unsur makro. Dari rumus kimia diatas diketahui bahwa MSG memiliki unsur-unsur seperti : C, H, O, N, dan Na yang sangat dibutuhkan tanaman. Unsur hara yang paling banyak dibutuhkan tanaman adalah unsur N. Unsur N (Nitrogen) berguna untuk merangsang pertumbuhan tanaman khususnya batang, cabang, dan daun. Secara mikroskopis unsur N diperlukan untuk pembentukan protein, lemak, dan berbagai senyawa organik lainnya dalam tanaman.

MSG tidak mencemari lingkungan sekitar tanaman baik tanah, air, maupun udara. Kandungan pH tanah tetap stabil, kemurnian air tetap dalam ambang batas normal serta kadar residu udarapun tetap aman. Hal ini karena MSG terbuat dari tetes tebu (molasses), yang berasal dari hasil pengolahan tebu yang digunakan untuk membuat gula. Bahan pembuat MSG yang berasal dari alam khususnya bahan nabati, maka larutan MSG yang disiramkan pada tanah

sebagai pupuk akan terurai bersama zat-zat alam lain. Lain halnya dengan pupuk buatan pabrik seperti : Urea, Tsp, ZA, kcl, dll. Bahan-bahan pupuk buatan ini berasal dari bahan kimia yang dapat mencemari lingkungan sekitar tanaman.

Pupuk MSG ini lebih ekonomis dibandingkan dengan pupuk buaan pabrik. Dalam sekali pemupukan hanya memerlukan 12-30 gr MSG, jadi biaya yang harus dikeluarkan dalam satu kali pemupukan yakni Rp 400,- hingga Rp 600,-.

2.5 Air

Air merupakan esensi dalam kelangsungan hidup tumbuhan. Setiap hari, sebatang tumbuhan dapat menyerap bergalon-galon air. Tumbuhan menyerap air melalui akar, mendistribusikannya melalui pembuluh, dan menguapkannya melalui daun. Namun, penelitian fisiologis tumbuhan belakangan ini menyatakan bahwa hanya 5% dari air yang diserap digunakan untuk proses metabolisme. Pertanyaan yang muncul adalah mengapa tumbuhan menyerap begitu banyak air untuk melangsungkan proses kehidupannya.

Hampir dari seluruh anggota dari *Kingdom Plantae* membutuhkan substrat untuk hidup. Substrat menyediakan mineral dan air yang dibutuhkan oleh tumbuhan. Mineral dan air diserap melalui akar, kemudian didistribusikan oleh pembuluh *xylem*. Air masuk ke dalam sistem tubuh tumbuhan melalui proses imbibisi, proses penyerapan cairan melalui ruang antar sel. Mineral melalui jalur

lain untuk masuk ke sistem tubuh tumbuhan, yaitu melalui difusi dan transport aktif.

Dalam blog zonabawah.blogspot.com, disebutkan bahwa fungsi air secara rinci terhadap tumbuhan adalah :

1. Penyusun utama protoplasma molekul-molekul makro dalam protoplasma seperti protein, karbohidrat, pektin dan lain - lain membentuk struktur yang unik berasosiasi dengan molekul air dalam bentuk koloid.
2. Menjadi pelarut bagi zat hara yang diperlukan tumbuhan.
3. Menjadi alat transpor untuk memindahkan zat hara. Bahan yang diangkut dapat berupa bahan mineral dari dalam tanah, bahan - bahan organik hasil fotosintesa, dan olahan sel lainnya.
4. Menjadi medium berlangsungnya reaksi-reaksi biokimia. Kita tahu terkadang proses reaksi terjadi dalam bentuk larutan dan air adalah pelarut yang sangat baik.
5. Menjadi bahan dasar untuk reaksi - reaksi biokimia. Seperti pada fotosintesis, tanpa adanya air yang berperan sebagai donor elektron. fotosintesis tidak dapat berlangsung.
6. Sebagai sistem hidrolik, air dapat memberikan tekanan hidrolik pada sel seliingga menimbulkan turgor pada dinding sel tumbuhan. memberikan kekuatan mekanik pada jaringan-jaringan yang tidak memiliki sokongan struktur (zat kayu) pada dinding selnya, misalnya pada parenkim. Sistem hidrolik juga dapat di jumpai pada membuka dan menutupnya stomata.

7. Stabilisasi dan pemindahan panas, tingginya panas jenis yang dimiliki air, telah memungkinkan air berperan sebagai penyangga (buffer) dalam pengaturan panas tubuh tumbuhan. Penyerapan sejumlah besar panas (radiasi) oleh tumbuhan, hanya akan mengubah suhu tubuh sedikit saja. Sebab sebagian besar panas (radiasi) tersebut dikembalikan lagi ke lingkungannya dengan cara penguapan air dari permukaan tubuhnya.
8. Sebagai alat gerak misalnya pada pulvinus tangkai daun pada gerak nasti. Air di dalam sel berada dalam bentuk bebas dan terikat. Keterikatan air itu dapat dengan ion atau molekul polar, terkait dengan ikatan H pada molekul lain, terikat pada koloid atau terikat secara kapiler. Air bebas terdapat pada vacuola sebagai cairan encer. Apabila tumbuhan kekurangan air, air bebaslah yang hilang lebih dulu.

Penyiraman merupakan faktor penting dalam pertumbuhan tanaman. Salah satu tujuan penyiraman adalah menjaga tingkat kelembaban di dalam tanah. Bila kelembaban tanah kurang, maka pertumbuhan tanaman akan terhambat bahkan kalau sudah parah pertumbuhan akan terhenti. Sebaliknya kalau terlalu banyak air terutama dimusim hujan, permukaan air tanah naik dan lahan tergenang air, sehingga kegiatan akar berkurang, pertumbuhan terganggu dan akhirnya perakaran akan mati.

2.6 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.

L-System atau *Lindenmayer System* dikemukakan pertama kali pada tahun 1968 oleh Aristid Lindenmayer dalam pengungkapan teori matematika untuk pengembangan tanaman. Smith menggunakan *Lindemayer System* sebagai metode untuk menyusun grafik komputer dalam menghasilkan morfologi tanaman. Grafik komputer secara lebih mendalam oleh Prusinkiewiez mengaplikasikan metoda *lindenmayer system* untuk menghasilkan visualisasi realistis terhadap tanaman perdu yang ditunjukkan dalam bukunya "*Algorithmic Beauty of Plant*". (Fahrizal, Zulkifli. 2011)

Lindenmayer System 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. Di sini 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, deferensiasi sel dan morfogenesis. Gramatika pada *L-System* terdiri dari 3 bagian ((Σ, h, ω)), untuk Σ adalah anggota dari simbol, h aturan penulisan berulang dimana setiap simbol akan diganti dengan string dari simbol, ω axiom adalah mulai awal dari pertumbuhan.

Lindenmayer dan Prusinkiewicz (1990) dalam Ulil Albab (2012), konsep utama dari *Lindenmayer System* 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 *initiator* 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 $1 \langle \rangle \rightarrow$, yaitu huruf dapat memproduksi huruf jika dan hanya jika kondisi adalah diantara dan , kemudian $1 -$ hanya satu produksi untuk satu , $\langle \rightarrow \rangle$ $\rangle \rightarrow$.

2.7 Fuzzy

2.7.1 Logika Fuzzy

Logika fuzzy dikatakan sebagai logika baru yang lama, sebab ilmu tentang logika fuzzy modern dan metodenya baru ditemukan beberapa tahun yang lalu, padahal sebenarnya konsep tentang logika fuzzy itu sendiri sudah ada sejak lama (Kusumadewi, 2003).

Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan ruang input kedalam suatu ruang output. Konsep ini diperkenalkan dan dipublikasikan pertama kali oleh Lotfi A. Zadeh, seorang profesor dari University of California di Berkeley pada tahun 1965. Logika fuzzy menggunakan ungkapan bahasa untuk menggambarkan nilai variabel. Logika fuzzy bekerja dengan menggunakan derajat keanggotaan dari sebuah nilai yang kemudian digunakan untuk menentukan hasil yang ingin dihasilkan berdasarkan atas spesifikasi yang telah ditentukan. Telah disebutkan sebelumnya bahwa logika fuzzy memetakan ruang input ke ruang output. Antara input dan output ada suatu kotak hitam yang harus memetakan input ke output yang sesuai. Alasan mengapa orang menggunakan logika fuzzy, yaitu (Kusumadewi, 2003):

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

7. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami.

2.7.2 Himpunan Fuzzy

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 $\chi_A = \{ x \mid \chi_A(x) \}$ menunjukkan bahwa A berisi item x dengan $\chi_A(x)$ benar. Jika merupakan fungsi karakteristik A dan properti P , maka dapat dikatakan bahwa $\chi_A(x)$ benar, jika dan hanya jika $\chi_P(x) = 1$. (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. (Kusumadewi, 2003)

Menurut, himpunan fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu:

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

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

1. Variabel Fuzzy

Variabel fuzzy merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem fuzzy.

2. Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel.

3. 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..

4. 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

2.7.3 Fungsi Keanggotaan

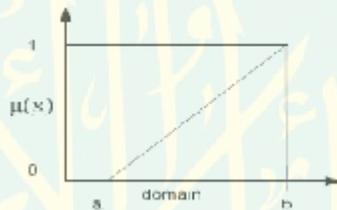
Menurut Kusuma Dewi dan Purnomo pengertian fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (derajat keanggotaan) yang memiliki

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.

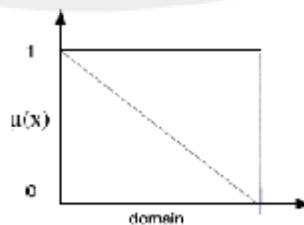


Gambar 2.3. Representasi linier naik

Dengan fungsi keanggotaan :

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

- 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.



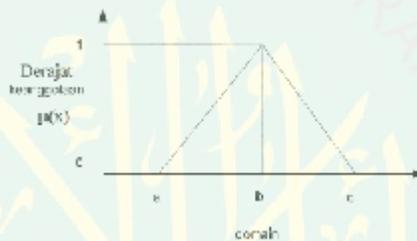
Gambar 2.4 Representasi linier turun

Dengan fungsi keanggotaan yaitu :

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

2. Representasi Kurva Segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier). 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 :

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

2.7.3 Sistem Inference Fuzzy

Konsep logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Professor Lotti A. Zadeh dari Universitas California tahun 1965. Logikafuzzy merupakan generalisasi dari logika klasik (*Crisp Set*) yang hanya memiliki dua nilai keanggotaan yaitu 0 dan 1. Dalam logika fuzzy nilai kebenaran suatu pernyataan berkisar dari sepenuhnya benar sampai dengan sepenuhnya salah.

Fuzzy Logic berhubungan dengan ketidakpastian yang telah menjadi sifat alamiah manusia, mensimulasikan proses pertimbangan normal manusia

denganjalan memungkinkan komputer untuk berperilaku sedikit lebih seksama dan logis daripada yang dibutuhkan metode komputer konvensional.

Pemikiran di balik pendekatan ini adalah pengambilan keputusan tidak sekadar persoalan hitam dan putih atau benar dan salah, namun kerap kali melibatkan hal yang belum jelas, dan hal itu dimungkinkan.

Sistem inferensi fuzzy merupakan proses pengolahan data dalam bentuk crisp input yang melalui beberapa tahapan dalam sistem fuzzy untuk menghasilkan data dalam bentuk crisp output. Terdapat tiga metode sistem inferensi fuzzy, yaitu : Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto.

Tahapan sistem inferensi fuzzy adalah sebagai berikut:

1. Nilai input, berupa nilai pasti (*crisp*)
2. Komposisi Fuzzy, proses merubah crisp input menjadi fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan. Setiap fuzzy dimodelkan ke dalam fungsi keanggotaan yang dipilih.
3. Aturan (*rules*), merupakan aturan-aturan yang akan dijadikan dasar untuk mencari nilai dari crisp output yang akan dihasilkan.
4. Dekomposisi Fuzzy, merupakan proses merubah kembali data yang dijadikan fuzzy kedalam bentuk crisp.
5. Nilai *ouput*, merupakan hasil akhir yang dapat dipakai untuk pengambilan keputusan.

Pada metode *Tsukamoto*, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk *If-Then* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil

inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot.

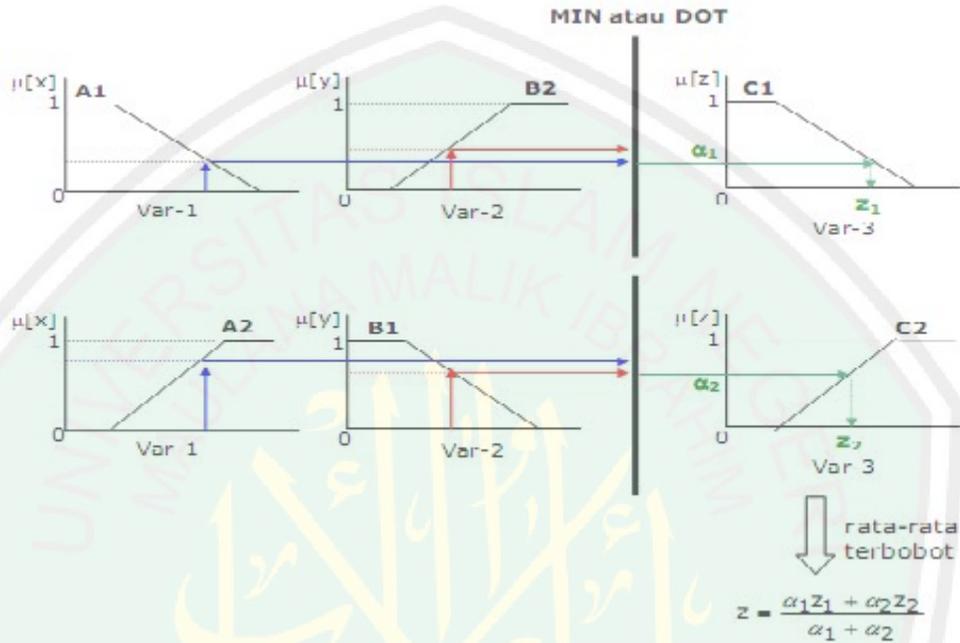
Pada dasarnya, metode *Tsukamoto* mengaplikasikan penalaran monoton pada setiap aturannya. Kalau pada penalaran monoton, sistem hanya memiliki satu aturan, pada metode *Tsukamoto*, sistem terdiri atas beberapa aturan. Karena menggunakan konsep dasar penalaran monoton, pada metode *Tsukamoto*, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk *IF-THEN* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. *Output* hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Proses agregasi antar aturan dilakukan, dan hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan *defuzzy* dengan konsep rata-rata terbobot. Misalkan ada variabel masukan, yaitu x dan y , serta satu variabel keluaran yaitu z . Variabel x terbagi atas 2 himpunan yaitu A_1 dan A_2 , variabel y terbagi atas 2 himpunan juga, yaitu B_1 dan B_2 , sedangkan variabel keluaran Z terbagi atas 2 himpunan yaitu C_1 dan C_2 . Tentu saja himpunan C_1 dan C_2 harus merupakan himpunan yang bersifat monoton. Diberikan 2 aturan sebagai berikut:

1	2	1
2	1	2

α -predikat untuk aturan pertama dan kedua, masing-masing adalah a_1 dan a_2 .

Dengan menggunakan penalaran monoton, diperoleh nilai Z_1 pada aturan

pertama, dan Z2 pada aturan kedua. Terakhir dengan menggunakan aturan terbobot, diperoleh hasil akhir dengan formula sebagai berikut:



Gambar 2.6. Inferensi Dengan Menggunakan Metode Tsukamoto

2.8 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 adalah 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 مِن طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِّنْ

أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالزَّمَانَ مَشْتَبَهَا 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).

Menurut tafsir Jalalain, mengenai surat Al-An’am ayat 99 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. (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 dan Jalaluddin Muhammad, 2009)

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

فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ

"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 di atas adalah, Allah mengeluarkan dengannya sesuatu yang menjadikan lainnya berkembang.

فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ

"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.

خُرُجٍ مِنْهُ حَبًّا مُتْرَاكِبًا

"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.

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. (Syaiikh Ahmad Muhammad Syakir dan Syaikh Mahmud Muhammad Syakir, 2008:315)

Dijelaskan pula dalam Al-qur'an bahwa Allah juga menciptakan tanaman yang beragam bentuk dan rasa. Sebagaimana dalam surat ar-Ra'd ayat 4:

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُتَجَوِّرَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ وَزُرْعٌ وَنَخِيلٌ صِنَوَانٌ وَغَيْرُهُ
صِنَوَانٍ يُسْقَى بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفْضِلُ بَعْضَهَا عَلَىٰ بَعْضٍ فِي الْأَكْلِ ۚ إِنَّ فِي
ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿٤﴾

Artinya: "Dan di bumi ini terdapat bagian-bagian yang berdampingan dan kebun-kebun 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)

Berkenaan dengan surat ar-Ra'd ayat 4, menurut tafsir Ibnu Katsir, kalimat *فِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُتَجَوِّرَاتٌ* yang artinya "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.

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.(Abdullah Bin Muhammad, 2007:476)

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 kebesaran Allah bagi orang-orang yang mau berfikir. (Syaiikh Abu Bakar Jabir, 2007:31)

Firman Allah dala Surat Az-Zumar ayat 21

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنْبِيعَ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ يُخْرِجُ بِهِ
زَرْعًا مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ ثُمَّ يَهِيَجُ فَتَرَهُ مُضْفَرًا ثُمَّ يَجْعَلُهُ حُطَمًا ۚ إِنَّ فِي ذَلِكَ
لَذِكْرًا لِأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿٢١﴾

Artinya : *”Apakah kamu tidak memperhatikan, bahwa sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, maka diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air itu tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, lalu menjadi kering lalu kamu melihatnya kekuning-kuningan, kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal”.* (Qs. Az-Zumar : 21)

Menurut tafsir Jalalain, maksudnya adalah apakah kita tidak mengetahui bahwasanya Allah menurunkan air dari langit, kemudian diatur menjadi sumber-sumber, yakni memasukkan air dari langit itu ke tempat-tempat yang dapat menjadi sumber air di bumi kemudian dengan air itu Allah menumbuhkan tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, kemudian suatu saat tanaman itu menjadi kering dan menjadi layu kemudian tanaman itu menjadi kekuning-kuningan, dan Allah menjadikan tanaman itu hancur berderai yakni rontok. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran, yaitu peringatan bagi orang-orang yang mempunyai akal, bagi orang-orang yang mau mengambil pelajaran darinya untuk menyimpulkan keEsaan dan Kekuasaan Allah SWT. (Jalaluddin Asy-Syuyuthi dan Jalaluddin Muhammad, 2009)

Dalam tafsir Al-Maraghi, sesungguhnya kita mengetahui bahwa air turun dari langit, lalu mengalir sebagai hujan dengan air itu, maka diairilah bermacam-macam tumbuhan itu seperti gandum, padi, dan lain-lain. Kemudian

tumbuhan itu masak, kering, dan menjadi kuning setelah asalnya hijau segar. Sesudah itu, menjadi hancur berderai-derai. Alangkah miripnya keadaan dunia ini dengan keadaan tumbuhan tersebut. Dunia ini begitu cepat selesai dan segera sirna. Maka, hal itu hendaklah diambil pelajaran oleh orang-orang yang berakal, dan hendaklah mereka tahu bahwa dunia ini bagai pasar yang berselenggara sesudah bubar. Dan jangan sampai mereka terpedaya dengan keelokan dunia ini, dan jangan tergoda dengan keindahannya. (Mushthafa, 1994:291)

Dari penjelasan beberapa ayat diatas, maka dapat disimpulkan bahwa di dalam Al-qur'an Allah telah berulang kali menjelaskan proses-proses pertumbuhan tanaman. Allah juga menjelaskan bahwa tanaman juga diciptakan beraneka bentuk, rasa, dan warna.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan menggunakan dua factor yang bertujuan untuk menyelidiki kemungkinan hubungan sebab akibat dengan melakukan kontrol. Dalam penelitian ini terdapat dari dua faktor yang mempengaruhi pertumbuhan jumlah cabang pada tanaman wortel. Ada dua faktor yang berpengaruh dalam penelitian ini. Faktor yang pertama adalah kadar penyiraman yang memiliki tiga level, yaitu:

- Penyiraman 0 liter
- Penyiraman 1 liter
- Penyiraman 2 liter

Faktor kedua adalah MSG yang terdiri dari 3 level, yaitu:

- MSG 0 gram
- MSG 3 gram
- MSG 6 gram

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

Tabel 3.1. Kombinasi perlakuan tanaman

Kelompok Tanaman	Perlakuan (takaran kombinasi Air/liter dan MSG/ gram)	
	Penyiraman	MSG
1	0 liter	0 gram
2	0 liter	3 gram
3	0 liter	6 gram
4	1 liter	0 gram
5	1 liter	3 gram
6	1 liter	6 gram
7	2 liter	0 gram
8	2 liter	3 gram
9	2 liter	6 gram

Takaran pemberian air dan MSG di atas berdasarkan pada aturan standar yang dilakukan di P4S (Pusat Pelatihan Pertanian dan Pedesaan Swadaya).

3.2 Objek Penelitian

Dalam penelitian ini objek yang diamati adalah tanaman wortel (*daucus carota*) dengan spesifikasi:

Divisi	: <i>Spermatophyta</i> (tumbuhan berbiji)
Sub-Divisi	: <i>Angiospermae</i>
Klas	: <i>Dicotyledonae</i>
Ordo	: <i>Umbelliferales</i>
Famili	: <i>Umbelliferae (Apiaceae)</i>
Genus	: <i>Daucus</i>
Spesies	: <i>Daucus carota L.</i>

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 100 tanaman yang telah dibagi menjadi 10 kelompok tanaman dengan perincian setiap kelompok tanaman terdiri dari 10 tanaman.

3.3 Variabel Penelitian

1. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah komposisi MSG dan komposisi kadar penyiraman.
2. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah pertumbuhan dan perkembangan tanaman wortel (*Daucus Carota L*) diantaranya jumlah cabang.

3.4 Waktu dan Tempat

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

Malang. Waktu penelitian dimulai pada bulan September hingga November 2012.

3.5 Alat dan bahan

Alat:

- Cangkul - Timba - Gayung - Gembor
- Bambu - Tabel Nama - Penggaris - Kamera

Bahan:

- Bibit wortel - Pupuk MSG
- Air - Tanah pegunungan

3.6 Prosedur pelaksanaan penelitian

3.6.1 Persiapan Lahan

Proses penyiapan lahan dilakukan dengan menyiapkan lahan yang akan digunakan untuk menanam tanaman wortel. Lahan yang digunakan berada di kebun Pelatihan Pertanian Dan Pedesaan Swadaya (P4S) Tulung Karyo. Lahan yang berupa tanah kosong yang telah dicangkul dan diatur sedemikian rupa dengan rancangan pada gambar 3.1 :

1 (0:0) 10 tanaman	2 (0:3) 10 tanaman	3 (0:6) 10 tanaman	4 (1:0) 10 tanaman	5 (1:3) 10 tanaman
6 (1:6) 10 tanaman	7 (2:0) 10 tanaman	8 (2:3) 10 tanaman	9 (2:6) 10 tanaman	10 (2:4) 10 tanaman

Gambar 3.1. Lahan Penanaman Wortel

Lahan yang digunakan untuk menanam tanaman berukuran 5.9 x 0.5 meter. Lahan tersebut dibagi menjadi 10 bagian yang akan digunakan untuk 10 kelompok tanaman dengan perlakuan yang berbeda-beda. Setiap kelompok

tanaman berisi 10 tanaman dan antar kelompok diberi jarak sepanjang 10 cm. Adapun perincian perlakuan masing-masing kelompok tanaman terlihat pada tabel 3.2

Tabel 3.2. Rincian Perlakuan kelompok tanaman

No Kelompok	Jumlah Tanaman	Perlakuan (Dosis Air dan Pupuk)	
		Air	MSG
1	10 Tanaman	0.0 liter	0.0 gram
2	10 Tanaman	0.0 liter	3.0 gram
3	10 Tanaman	0.0 liter	6.0 gram
4	10 Tanaman	1.0 liter	0.0 gram
5	10 Tanaman	1.0 liter	3.0 gram
6	10 Tanaman	1.0 liter	6.0 gram
7	10 Tanaman	2.0 liter	0.0 gram
8	10 Tanaman	2.0 liter	3.0 gram
9	10 Tanaman	2.0 liter	6.0 gram
Sampel			
10	10 Tanaman	2.0 liter	4.0 gram

Pemberian dosis perlakuan diatas telah disesuaikan dengan saran yang diberikan oleh para petani di Pusat Pelatihan Pertanian Dan Pedesaan Swadaya (P4S) Tulungrejo Batu. Langkah selanjutnya yaitu membersihkan lahan yang akan digunakan. Kemudian mengolah tanah tersebut dengan cara mencangkulnya hingga tanah menjadi gembur. Setelah itu tanah dibuat menjadi gundukan yang memanjang. Kemudian tanah dialiri air hingga tanah menjadi lunak dan didiamkan selama 1 minggu.

Setiap kelompok tanaman ditaburi dengan benih wortel sebanyak 1 tutup botol minuman. Setelah semua kelompok tanaman ditaburi benih, kemudian ditaburi juga dengan tanah agar saat penyiraman pertama benih wortel tidak terlempar keluar dari gundukan tanah. 1 minggu setelah penanaman dilakukan proses penyiangan dengan cara membersihkan rumput-

rumput disekitar tanaman wortel. Proses ini berjalan hingga usia wortel mencapai 1 bulan.

Setelah 1 bulan dilakukan proses penjarangan dengan cara mengurangi tanaman wortel disetiap kelompok tanaman. Dalam penelitian ini, proses penjarangan dilakukan hingga disetiap kelompok tanaman tersisa 10 tanaman. Selain itu setiap tanaman wortel juga diberikan jarak tanam seukuran kepalan tangan atau 10 cm. Hal ini dimaksudkan agar tanaman wortel bisa tumbuh dengan subur.

Selain proses penjarangan, saat usia wortel mencapai 1 bulan juga dilakukan proses penyiraman sekaligus pemupukan. Setiap kelompok tanaman diberikan perlakuan sesuai dengan perlakuan yang ada di tabel 3.2.

3.6.2 Penyiapan Bibit Tanaman

Bibit tanaman wortel yang digunakan merupakan bibit yang dikembangkan oleh petani sendiri, dengan cara memilih tanaman yang cukup tua (± 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 leher batang dan dengan jarak yang agak berjauhan. Tanaman ini nantinya akan menghasilkan biji wortel yang digunakan setelah kering.

Bibit tanaman wortel yang digunakan berasal dari bunga wortel yang telah dikeringkan. Kemudian bibit yang masih menempel pada bunga dirontokkan dan bulu-bulu halus yang terdapat pada bibit dibersihkan terlebih

dahulu dengan cara digosok-gosok dengan tangan hingga bersih dan siap untuk ditanam.

3.6.3 Penanaman dan Pemeliharaan

Setelah proses penyiapan lahan selesai maka dilanjutkan dengan menanam bibit tanaman yang telah disiapkan sebelumnya. Metode penanaman dan pemeliharaan yang dilakukan menggunakan aturan yang telah disusun sebelumnya di tabel 3.2. Secara rinci proses penanaman dan pemeliharaan dapat dijelaskan:

1) Penanaman Bibit

Sebelum bibit ditanam, terlebih dahulu dilakukan pemasangan bambu sebagai pembatas antar kelompok tanaman. Tujuannya adalah agar perlakuan antar kelompok tidak saling menyebar. Setelah bibit ditanam kemudian di atasnya ditaburi tanah agar saat penyiraman atau terkena hujan, bibit wortel yang masih kecil tidak berhamburan. Setelah proses penanaman selesai kemudian dilanjutkan dengan proses penyiraman awal pada tanaman.

2) Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman meliputi pemupukan, penyiraman dan penyiangan tanaman.

a. Pemupukan

Proses pemupukan dilakukan setelah tanaman berumur 1 bulan dari proses penanaman. Dosis pemupukan disesuaikan dengan perlakuan pada tabel 3.1. Selain itu juga ditambahkan pupuk NPK sebagai penguat umbi wortel. Pupuk NPK ini disesuaikan dengan dosis standar petani wortel.

Pemupukan dilakukan dengan cara mencampur pupuk MSG dan melarutkannya ke dalam air sesuai dengan perlakuan di tabel 3.1 untuk setiap kelompok tanaman. Cara memberikan pupuk tidak boleh langsung terkena tanaman tetapi disiramkan ke tanah karena jika terkena tanaman dikhawatirkan daunnya akan kering karena efek panas dari pupuk. Untuk pupuk NPK langsung ditaburkan ke lahan tanaman.

b. Penyiraman Tanaman

Penyiraman tanaman dilakukan beberapa kali sesuai perlakuan pada tabel 3.1 dengan menggunakan gembor. Selain itu, penyiraman juga dapat dilakukan dengan cara mengaliri tanah disekitar tanaman wortel menggunakan saluran irigasi yang tersedia.

c. Penyiangan Tanaman

Penyiangan tanaman dilakukan agar tanaman tidak terkena penyakit dan dapat tumbuh subur. Proses ini dilakukan dengan cara melakukan pencabutan rumput atau gulma dan tanaman wortel yang tumbuh tidak sehat.

3.7 Pengambilan Data

Pada penelitian ini pengambilan data dilakukan setelah melalui tahapan pengamatan terhadap tanaman. Yaitu dengan mengamati proses pertumbuhan morfologis tanaman dari masing-masing perlakuan yang berbeda, dalam hal ini yang diamati adalah jumlah cabang. Selanjutnya data morfologi tadi digunakan sebagai variabel inputan untuk fuzzy yang mana outputnya akan digunakan untuk membuat simulasi pertumbuhan tanaman

wortel. Dari tiap kelompok tanaman akan diambil nilai rata-rata dari jumlah cabang. Dalam penelitian ini, usia wortel dibatasi hingga usia 50 hari. Untuk pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali dengan rentang waktu 10 hari sekali.

3.8 Analisa dan Desain

3.8.1 Pengolahan Data

Dari data pertumbuhan tanaman yang diperoleh (panjang batang, jumlah cabang, panjang tangkai, lebar daun, jumlah daun, warna daun) yang dijadikan indikator adalah jumlah cabang tanaman wortel. Karena dari data tersebut terlihat jelas perbedaan hasil pertumbuhan dari tiap-tiap kelompok tanaman. Selain itu dari data tersebut juga tampak pengaruh dari kombinasi perlakuan penyiraman dan MSG. Data jumlah cabang tadi diambil nilai rata-rata dari tiap kombinasi untuk menyusun desain fuzzy serta aturan fuzzy yang akan digunakan pada sistem.

Tabel 3.3. Hasil Rata-rata Pengukuran Tiap Kombinasi Perlakuan

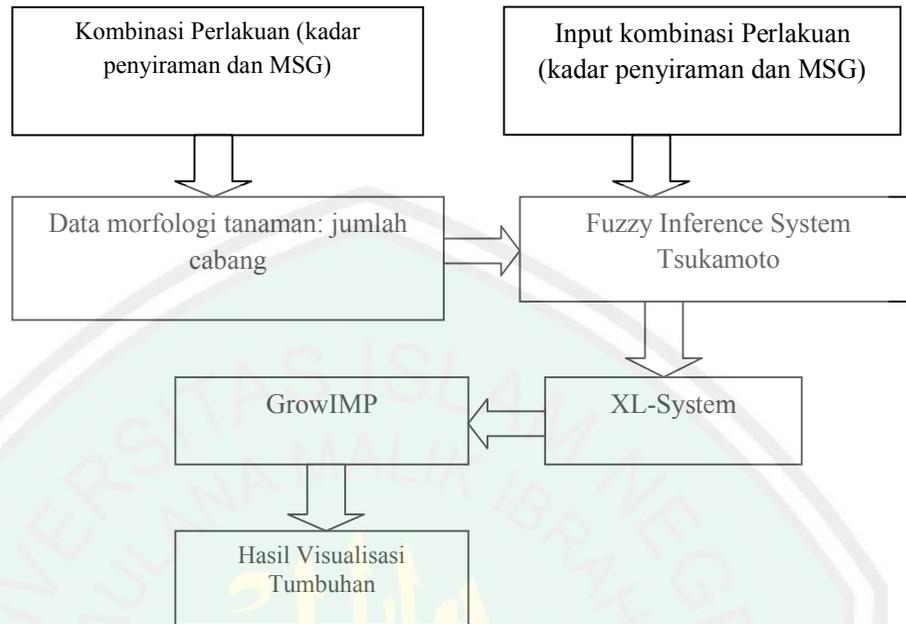
Kombinasi (Kadar Penyiraman Dan Pupuk MSG)	Keterangan Perlakuan	Jumlah Cabang
0 liter dan 0 gram	Rendah – Rendah	3.6
0 liter dan 3 gram	Rendah – Sedang	4
0 liter dan 6 gram	Rendah – Tinggi	4.4
1 liter dan 0 gram	Sedang – Rendah	4.1
1 liter dan 3 gram	Sedang – Sedang	4.8
1 liter dan 6 gram	Sedang – Tinggi	5.1
2 liter dan 0 gram	Tinggi – Rendah	4.7
2 liter dan 3 gram	Tinggi – Sedang	5.5
2 liter dan 6 gram	Tinggi – Tinggi	5.8
Data Sampel		
2 Liter dan 4 gram		5.7

Dalam penelitian ini terdapat 3 variabel, yaitu 2 variabel input, yang terdiri dari variabel penyiraman dan variabel MSG, sedangkan untuk output terdapat 1 variabel, yaitu variabel jumlah cabang tanaman wortel.

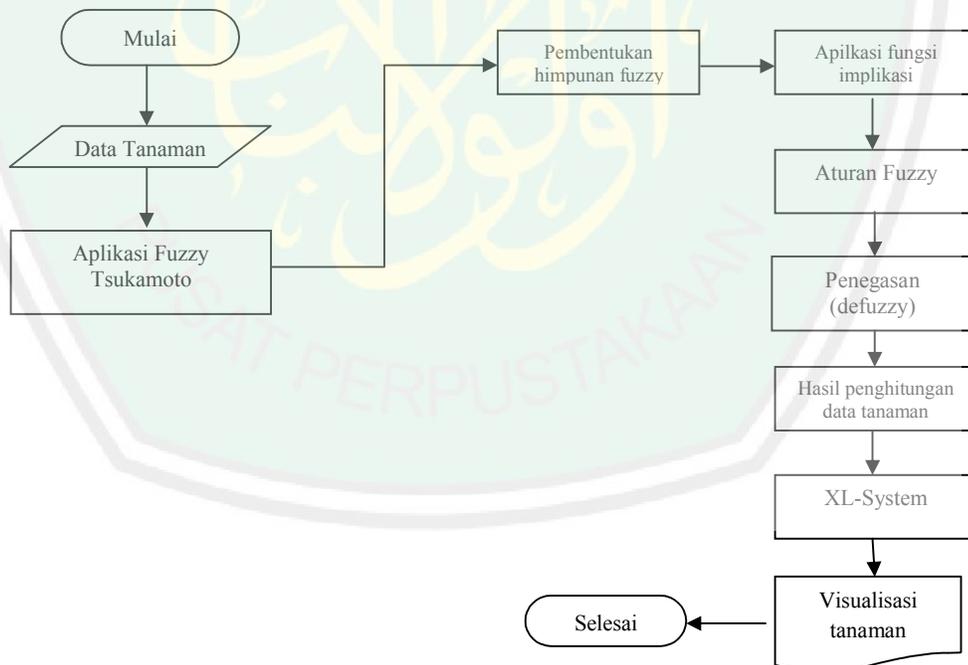
3.9 Desain Sistem

Desain sistem pada simulasi ini secara garis besar dibagi menjadi beberapa bagian yaitu input, proses pengolahan input dan output. Input dari sistem ini berupa dosis penyiraman dan pupuk MSG. Sedangkan pada bagian proses, sebelumnya telah disusun aturan fuzzy dengan menggunakan data morfologi tanaman hasil pengamatan 9 kelompok tanaman (kelompok 1 sampai kelompok 9). Data tersebut merupakan hasil dari pengukuran beberapa kelompok tanaman dengan perlakuan pemberian kadar penyiraman dan pupuk MSG dengan dosis berbeda sesuai dengan penelitian sebagaimana dijelaskan pada tabel 3.2.

Selanjutnya data tersebut digunakan sebagai parameter untuk membangun aturan fuzzy dan aturan tersebut bisa digunakan untuk mengolah input, sehingga diperoleh output fuzzy yang berupa jumlah cabang. Selanjutnya data output tersebut digunakan sebagai parameter untuk membangun simulasi dari pertumbuhan tanaman wortel. Secara keseluruhan desain sistem dari simulasi ini dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Desain sistem



Gambar 3.3. Diagram alur sistem

Dalam desain sistem pada gambar 3.3 dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu :

3.9.1 Input

Inputan dari sistem ini adalah kombinasi dosis kadar penyiraman dan pupuk MSG.

3.9.2 Proses

Data input kemudian diproses dengan menggunakan fuzzy tsukamoto, dimana dalam fuzzy tersebut telah disusun aturan-aturan dari pengaruh kombinasi kadar penyiraman dan MSG. Aturan tersebut disusun berdasarkan data observasi (pada tabel 3.2 kelompok tanaman 1 sampai 9). Proses-proses dalam fuzzy tsukamoto.

3.9.2.1 Komposisi aturan

Dalam menentukan komposisi aturan-aturan tersebut dapat disusun berdasarkan data observasi kombinasi penyiraman dan MSG (pada tabel 3.2 kelompok tanaman 1 sampai 9). Secara umum, rule fuzzy dinyatakan dalam bentuk “jika-maka” atau “if-then”. Dari data tabel 3.2 kemudian digunakan untuk menyusun kelompok himpunan fuzzy. Di bawah ini disajikan desain fuzzy dari data kombinasi perlakuan penyiraman dan MSG.

- a. Desain fuzzy dari penyiraman (*p*)

Berdasarkan data tabel 3.3 maka diperoleh himpunan variabel input fuzzy dari penyiraman seperti pada table 3.4 :

Tabel 3.4 Himpunan variabel input fuzzy penyiraman (p)

No	Himpunan input fuzzy penyiraman (p)	Domain
	Nama	
1	Rendah	[0, 2]
2	Sedang	[0, 1, 2]
3	Tinggi	[0, 2]

b. Desain fuzzy dari MSG (m)

Untuk himpunan fuzzy dari MSG dijelaskan pada table 3.5 :

Tabel 3.5 Himpunan variabel input fuzzy MSG (m)

No	Himpunan input fuzzy MSG (m)	Domain
	Nama	
1	Rendah	[0, 6]
2	Sedang	[0, 3, 6]
3	Tinggi	[0, 6]

Kemudian dari tabel 3.3 juga dapat disimpulkan aturan fuzzy dari masing-masing perlakuan kelompok tanaman. Dalam penelitian ada 9 macam perlakuan sehingga dapat disimpulkan aturan fuzzy pada table 3.6:

Tabel 3.6 Aturan fuzzy kombinasi takaran penyiraman dan MSG

kelompok Tanaman	Dosis Kombinasi		Hasil Akhir Huruf	Hasil Akhir Angka
	Air	MSG		
1	Rendah	Rendah	Sedikit	3.6
2	Rendah	Sedang	Sedikit	4
3	Rendah	Tinggi	Banyak	4.4
4	Sedang	Rendah	Banyak	4.1
5	Sedang	Sedang	Banyak	4.8
6	Sedang	Tinggi	Banyak	5.1
7	Tinggi	Rendah	Banyak	4.7
8	Tinggi	Sedang	Banyak	5.5
9	Tinggi	Tinggi	Banyak	5.8

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa, pada kelompok tanaman satu, jika kadar penyiraman yang diberikan tergolong dalam kategori rendah dan kadar pemberian MSG masuk dalam kategori rendah, maka jumlah cabang rata-rata adalah masuk dalam kategori rendah. Apabila disusun dalam sebuah

aturan fuzzy maka, jika penyiraman rendah dan MSG rendah, maka jumlah cabang adalah rendah. Demikian juga dengan kelompok tanaman dua sampai sembilan, sehingga akan menghasilkan sembilan aturan fuzzy yang berbeda. Penjabaran aturan yang dipakai adalah sebagai berikut:

[Rule 1] if Penyiraman RENDAH and MSG RENDAH THEN Jumlah Cabang SEDIKIT.

[Rule 2] if Penyiraman RENDAH And MSG SEDANG THEN Jumlah Cabang SEDIKIT.

[Rule 3] if Penyiraman RENDAH And MSG TINGGI THEN Jumlah Cabang SEDIKIT.

[Rule 4] if Penyiraman SEDANG And MSG RENDAH THEN Jumlah Cabang BANYAK.

[Rule 5] if Penyiraman SEDANG And MSG SEDANG THEN Jumlah Cabang BANYAK.

[Rule 6] if Penyiraman SEDANG And MSG TINGGI THEN Jumlah Cabang BANYAK.

[Rule 7] if Penyiraman TINGGI And MSG RENDAH THEN Jumlah Cabang BANYAK.

[Rule 8] if Penyiraman TINGGI And MSG SEDANG THEN Jumlah Cabang BANYAK.

[Rule 9] if Penyiraman TINGGI And MSG TINGGI THEN Jumlah Cabang BANYAK.

3.9.2.2 Menentukan fungsi keanggotaan (fuzzyfikasi)

Tahap selanjutnya setelah menentukan rule-rule yang digunakan adalah tahap fuzzyfikasi. Fungsi keanggotaan dapat ditentukan dari tiap variabel fuzzy yang ada. Berikut ini adalah penentuan fungsi keanggotaan dari tiap-tiap variabel yang akan digunakan:

a. Fungsi keanggotaan penyiraman

Fungsi derajat keanggotaan linier turun digunakan untuk mempresentasikan himpunan *fuzzy* rendah dan fungsi derajat keanggotaan linier naik untuk himpunan *fuzzy* tinggi. Fungsi derajat keanggotaan segitiga digunakan untuk mempresentasikan himpunan *fuzzy* sedang.. Bentuk representasinya terlihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Representasi Fungsi Keanggotaan dari Penyiraman

Variabel penyiraman memiliki data 0 liter, 1 liter, dan 2 liter. Dari ketiga data tersebut dapat dijadikan 3 himpunan fuzzy yaitu, himpunan rendah, himpunan sedang, dan himpunan tinggi. Untuk himpunan fuzzy rendah memiliki domain $[0, 2]$, untuk himpunan fuzzy sedang memiliki domain $[0, 1, 2]$, dan untuk himpunan fuzzy tinggi memiliki domain $[0, 2]$. Sedangkan fungsi

keanggotaan dari variabel input *fuzzy* kadar penyiraman didefinisikan sebagai berikut :

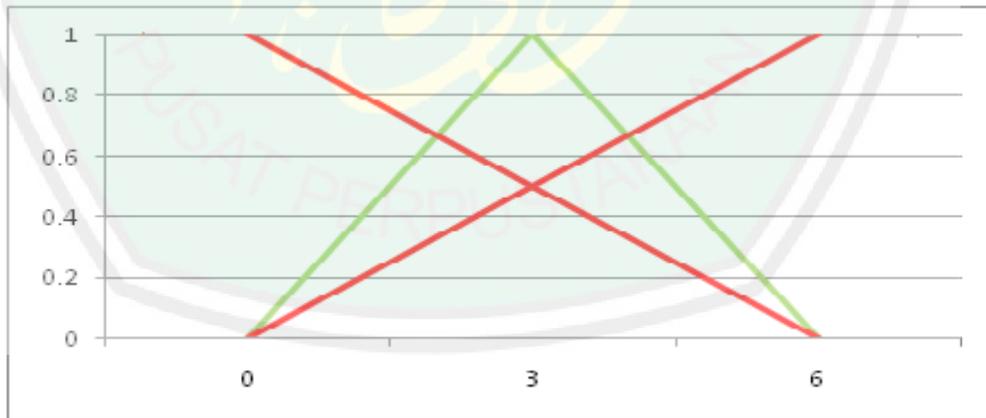
$$\mu () = \begin{cases} (2 -)/(2 - 0); & 0 \leq < 2 \\ 0; & \geq 2 \end{cases}$$

$$\mu () = \begin{cases} 0; & \leq 0 > 2 \\ (-0)/(1 - 0); & 0 < < 1 \\ (2-)/(2 - 1); & 1 \leq \leq 2 \end{cases}$$

$$\mu () = \begin{cases} 0; & \leq 0 \\ (-0)/(2 - 0); & 0 < < 2 \\ 1; & \geq 2 \end{cases}$$

b. Fungsi keanggotaan MSG

Fungsi derajat keanggotaan linier turun digunakan untuk mempresentasikan himpunan *fuzzy* rendah dan fungsi derajat keanggotaan linier naik untuk himpunan *fuzzy* tinggi. Fungsi derajat keanggotaan segitiga digunakan untuk mempresentasikan himpunan *fuzzy* sedang.. Bentuk representasinya terlihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Representasi fungsi keanggotaan dari MSG

Variabel penyiraman memiliki data 0 gram, 3 gram, dan 6 gram. Dari ketiga data tersebut dapat dijadikan 3 himpunan fuzzy yaitu, himpunan rendah, himpunan sedang, dan himpunan tinggi. Untuk himpunan fuzzy rendah memiliki domain [0, 6], untuk himpunan fuzzy sedang memiliki domain [0, 3, 6] dan untuk himpunan fuzzy tinggi memiliki domain [0, 6]. Sedangkan fungsi keanggotaan dari variabel input *fuzzy* MSG didefinisikan sebagai berikut :

$$\mu_{\text{Rendah}}(x) = \begin{cases} (6-x)/(6-0); & 0 \leq x < 6 \\ 0; & x \geq 6 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 0 & x > 6 \\ (-x)/(3-0); & 0 < x < 3 \\ (6-x)/(6-3); & 3 \leq x \leq 6 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Tinggi}}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 0 \\ (-x)/(6-0); & 0 < x < 6 \\ 1; & x \geq 6 \end{cases}$$

3.9.2.3 Aplikasi fungsi implikasi

Tahap ketiga untuk melakukan proses fuzzy tsukamoto selanjutnya adalah dengan menentukan α -prediket. Sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

3.9.2.4 Defuzzyfikasi

Tahap ke empat adalah defuzzyfikasi yaitu proses merubah kembali data yang dijadikan fuzzy ke dalam bentuk crisp. Defuzzyfikasi dapat dicari dengan cara sebagai berikut:

$$Z = \frac{*****}{*****}$$

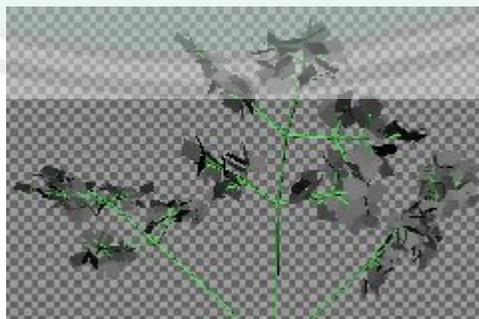
3.9.3 Output

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

3.10 Tahap Implementasi

Implementasi disini adalah sebuah proses yang kemudian memberikan dampak perubahan bagi aspek-aspek yang dikenainya. Setelah mengalami proses implementasi, maka objek-objek yang dikenainya tersebut akan memberikan dampak baik berupa perubahan maupun nilai pada objek yang dikenai implementasi ini. Karena program 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 tanaman.

Dalam simulasi tanaman wortel ini, implementasi fuzzy tsukamoto digunakan untuk meramalkan jumlah cabang wortel berdasarkan input berupa kombinasi penyiraman dan MSG, domain penyiraman dan MSG, dan jumlah cabang dari data lapangan yang diberikan. Sedangkan XL-System berperan sebagai visualisasi pertumbuhan tanaman wortel.



Gambar 3.6. Desain Simulasi

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Program

Dalam membuat program simulasi ini ada beberapa hal yang perlu disiapkan baik dari segi kebutuhan perangkat keras maupun perangkat lunak.

4.1.1 Instalasi Program

- a. Kebutuhan Perangkat Keras
 1. Komputer dual core atau sejenisnya.
 2. Memory minimal 256 Mbytes.
 3. Hardisk 160 Gbytes.
 4. VGA 877 Mbytes.
- b. Kebutuhan Perangkat Lunak
 - 4.1 Instalasi windows 7 sebagai system operasi
 - 4.2 Instalasi JRE (Java Runtime Environment) minimal versi 1.4
 - 4.3 Instalasi GroImp sebagai editor bahasa XL.

4.1.2 Pembuatan dan Pengujian Program

Dalam pembuatan program simulasi ini secara garis besar dibagi menjadi 2 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 serta tentang *source code* dari program ini. Pengujian pertama

dengan input dosis pupuk penyiraman sebanyak 2.0 liter dan pupuk MSG sebanyak 4.0 gram:

Tahap pertama yaitu mencari nilai output proses fuzzy dengan menggunakan metode tsukamoto dari input di atas. Pada tahapan ini ada 4 langkah yang harus dilakukan yaitu :

4.1.3 Pembentukan Himpunan Fuzzy (Fuzzyfikasi)

Pada subbab pengolahan data telah didefinisikan bahwa himpunan fuzzy terdiri dari 4 variabel yaitu kadar penyiraman, pupuk MSG, dan jumlah cabang. Pada variabel penyiraman dan MSG masing-masing memiliki 3 himpunan yaitu rendah, sedang dan tinggi. Sedangkan pada variabel jumlah cabang memiliki 2 himpunan yaitu sedikit dan banyak. Langkah selanjutnya yaitu mencari nilai keanggotaan input dengan himpunan input fuzzy yaitu pada variabel kadar penyiraman dan pupuk MSG.

Variabel penyiraman terdiri dari 3 himpunan, yaitu rendah, sedang dan tinggi. Sehingga bisa diperoleh nilai keanggotaan dari nilai input penyiraman 2,0, yaitu :

$$(2,0) = \frac{2 - 2}{2 - 0} = \frac{2 - 2}{2} = 0$$

$$(2,0) = \frac{2 - 2}{2 - 1} = \frac{2 - 2}{1} = 0$$

$$(2,0) = \frac{-0}{2 - 0} = \frac{2 - 0}{2} = 1$$

Sedangkan untuk pupuk MSG juga terdiri dari 3 himpunan yaitu rendah, sedang dan tinggi. Sehingga bisa diperoleh nilai keanggotaan dari nilai input MSG 4,0 yaitu :

$$(4,0) = \frac{6 - 4}{6 - 0} = \frac{2}{6} = 0.33$$

$$(4,0) = \frac{6 - 4}{6 - 3} = \frac{2}{3} = 0.66$$

$$(4,0) = \frac{-0}{6 - 0} = \frac{-0}{6} = 0.66$$

potongan source code pembentukan himpunan fuzzy :

Potongan source code pembentukan himpunan fuzzy dari kadar penyiraman dan pupuk MSG:

```
//fungsi mencari derajat keanggotaan
protected void setAnggota(String pupuk,String status,double input)
{
    //set derajat keanggotaan himpunan rendah
    if(pupuk.equals("Penyiraman"))
    {
        if(status.equals("rendah"))
        {
            if(input>=himRendahPenyi[1])
            {
                derRendah=0;
            }else if(input>=himRendahPenyi[0] && input<himRendahPenyi[1])
            {
                derRendah=(himRendahPenyi[1]-input)/(himRendahPenyi[1]-
                himRendahPenyi[0]);
            }
        }else if(status.equals("sedang"))
        {
            if(input<=himSedangPenyi[0] || input>himSedangPenyi[2])
            {

```

4.1.4 Aplikasi fungsi implikasi

Berdasarkan aturan yang telah dibuat, kemudian dihitung α -prediket menggunakan fungsi implikasi MIN.

[Rule 1] if Penyiraman RENDAH and MSG RENDAH THEN Jumlah Cabang SEDIKIT.

$$= \min(0; 0.33) = 0$$

$$\text{Jumlah cabang } (t_1) = \frac{0}{0.33} = 0 \rightarrow \frac{0}{0.33} = 0 \rightarrow t_1 = 5.8$$

[Rule 2] if Penyiraman RENDAH And MSG SEDANG THEN Jumlah Cabang SEDIKIT.

$$= \min(0; 0.66) = 0$$

$$\text{Jumlah cabang } (t_2) = \frac{0}{0.66} = 0 \rightarrow \frac{0}{0.66} = 0 \rightarrow t_2 = 5.8$$

[Rule 3] if Penyiraman RENDAH And MSG TINGGI THEN Jumlah Cabang BANYAK.

$$= \min(0; 0.66) = 0$$

$$\text{Jumlah cabang } (t_3) = \frac{0}{0.66} = 0 \rightarrow \frac{0}{0.66} = 0 \rightarrow t_3 = 3.6$$

[Rule 4] if Penyiraman SEDANG And MSG RENDAH THEN Jumlah Cabang BANYAK.

$$= \min(0; 0.33) = 0$$

$$\text{Jumlah cabang } (t_4) = \frac{0}{0.33} = 0 \rightarrow \frac{0}{0.33} = 0 \rightarrow t_4 = 3.6$$

[Rule 5] if Penyiraman SEDANG And MSG SEDANG THEN Jumlah Cabang BANYAK.

$$= \min(0; 0.66) = 0$$

Jumlah cabang (t_5) = $\frac{0}{0.66} = 0 \rightarrow \frac{0}{0.66} = 0 \rightarrow t_5 = 3.6$

[Rule 6] if Penyiraman SEDANG And MSG TINGGI THEN Jumlah Cabang BANYAK.

$$= \min(0:0.66) = 0$$

Jumlah cabang (t_6) = $\frac{0}{0.66} = 0 \rightarrow \frac{0}{0.66} = 0 \rightarrow t_6 = 3.6$

[Rule 7] if Penyiraman TINGGI And MSG RENDAH THEN Jumlah Cabang BANYAK.

$$= \min(1:0.33) = 0.33$$

Jumlah cabang (t_7) = $\frac{0.33}{0.66} = 0.33 \rightarrow \frac{0.33}{0.66} = 0.33 \rightarrow t_7 = 4.32$

[Rule 8] if Penyiraman TINGGI And MSG SEDANG THEN Jumlah Cabang BANYAK.

$$= \min(1:0.66) = 0.66$$

Jumlah cabang (t_8) = $\frac{0.66}{0.66} = 0.66 \rightarrow \frac{0.66}{0.66} = 0.66 \rightarrow t_8 = 5.05$

[Rule 9] if Penyiraman TINGGI And MSG TINGGI THEN Jumlah Cabang BANYAK.

$$= \min(1:0.66) = 0.66$$

Jumlah cabang (t_9) = $\frac{0.66}{0.66} = 0.66 \rightarrow \frac{0.66}{0.66} = 0.66 \rightarrow t_9 = 5.05$

potongan source code fungsi implikasi himpunan fuzzy :





4.1.5 Menentukan nilai titik tengah (Defuzzyfikasi)

Setelah nilai dari masing-masing aturan diperoleh, maka nilai tengah dari keseluruhan dapat dicari dengan cara sebagai berikut:

Nilai titik pusat (z) untuk jumlah cabang :

$$Z = \frac{\text{*****}}{\text{-----}}$$

$$Z = \frac{\text{-----}}{\text{-----}}$$

$$Z = \frac{\text{**}}{\text{---}} = 4.90$$

Source code untuk proses defuzzyfikasi:



Dari perhitungan di atas diperkirakan bahwa jumlah cabang adalah 4.90 helai. Kemudian Hasil dari perhitungan ini akan digunakan untuk proses simulasi.

Tahapan kedua adalah proses visualisasi dalam bentuk simulasi pertumbuhan tanaman wortel yaitu dengan cara memasukan nilai dari output proses fuzzy yang berupa nilai dari jumlah cabang ke program simulasi. Nilai dari jumlah cabang diinisialisasi terlebih dahulu di konstruktor program simulasi.

Potongan *source code* inisialisasi:



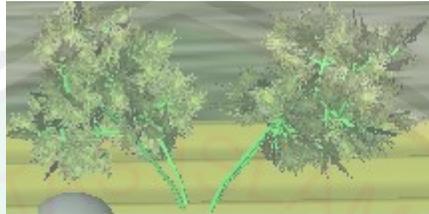
Disamping itu juga dilakukan proses *skinning*, yaitu proses untuk memasukan gambar *texture* daun dan batang pada komponen tanaman agar menyerupai dengan aslinya. Gambar texture daun dan batang diperoleh dengan mengambil gambar dari tanaman aslinya.



Gambar 4.1 Tekstur Daun

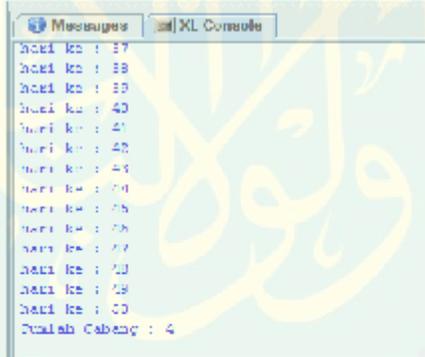
4.2 Hasil Program

Hasil dari program simulasi ini berupa tampilan 3D yang disertai dengan keterangan waktu dan keterangan jumlah cabang. Sebagaimana gambar 4.2 :



Gambar 4.2 Hasil Simulasi Tanaman

Dari hasil program tersebut tampak jumlah cabang sebanyak 4 Helai. Adapun keterangan waktu, jumlah cabang, dan grafik dapat dilihat dari gambar 4.3 dan 4.4 :



Gambar 4.3 Hasil Tampilan Pertumbuhan



Gambar 4.4 Grafik Pertumbuhan Tanaman

4.3 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 penghitungan. Uji coba dilakukan sebanyak 1 kali. Sedangkan pengambilan data uji coba dilakukan sebanyak 5 kali, yaitu pada hari ke-10, hari ke-20, hari ke-30, hari ke-40 dan hari ke-50. Perbandingan antara data uji coba dan hasil simulasi di jelaskan pada tabel 4.1 :

Tabel 4.1 Perbandingan data lapangan dan hasil program pengukuran ke 1

No	Jumlah Cabang	
	Hasil Simulasi	Hasil Observasi
1	0	1.14
2	0	1.14
3	0	1.26
4	0	1.44
5	0	1.04
6	0	1.34
7	0	1.22
8	0	1.3
9	0	1.16
10	0	1.2

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

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

Dengan

n : Jumlah data

Y_t : data hasil perhitungan fuzzy ke-i

\hat{Y}_t : data lapangan ke-i

Tabel 4.2. Penjelasan perhitungan

No			$ C - O / C $
1	=	=	=
2	=	=	=
3	=	=	=
4	=	=	=
5	=	=	=
6	=	=	=
7	=	=	=
8	=	=	=
9	=	=	=
10	=	=	=
	$\frac{1}{n} \sum C - O / C $		1
Total persentase			100%

Hasil akhir dari perhitungan persentase error rate dari jumlah cabang: 100%. Untuk data yang lainya caranya sama dengan perhitungan di atas.

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 0%. (Ulil, Albab.2012)

Tabel 4.3 Perbandingan data lapangan dan hasil program pengukuran ke 2

No	Jumlah Cabang	
	Hasil Simulasi	Hasil Observasi
1	=	=
2	=	=
3	=	=
4	=	=
5	=	=
6	=	=
7	=	=
8	=	=
9	=	=
10	=	=

Hasil akhir dari perhitungan persentase error rate dari jumlah cabang: 58.66%.

Tabel 4.4 Perbandingan data lapangan dan hasil program pengukuran ke 3

No	Jumlah Cabang	
	Hasil Simulasi	Hasil Observasi
1	=	=
2	=	=
3	=	=
4	=	=
5	=	=
6	=	=
7	=	=
8	=	=
9	=	=
10	=	=

Hasil akhir dari perhitungan persentase error rate dari jumlah cabang :

44.89%.

Tabel 4.5 Perbandingan data lapangan dan hasil program pengukuran ke 4

No	Jumlah Cabang	
	Hasil Simulasi	Hasil Observasi
1	=	=
2	=	=
3	=	=
4	=	=
5	=	=
6	=	=
7	=	=
8	=	=
9	=	=
10	=	=

Hasil akhir dari perhitungan persentase error rate dari jumlah cabang:

38%.

Tabel 4.6 Perbandingan data lapangan dan hasil program pengukuran ke 5

No	Jumlah Cabang	
	Hasil Simulasi	Hasil Observasi
1	=	=
2	=	=
3	=	=
4	=	=
5	=	=
6	=	=
7	=	=
8	=	=
9	=	=
10	=	=

Hasil akhir dari perhitungan persentase error rate dari jumlah cabang: 33.86%.

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

Percobaan	Total nilai persentase akurasi perbandingan data lapangan dan simulasi	Total nilai persentase error perbandingan data lapangan dan simulasi
	Jumlah Cabang	Jumlah Cabang
Pertama	53.9%	46.1%

4.4 Simulasi Tanaman Wortel Dalam Pandangan Islam

Simulasi merupakan suatu model pengambilan keputusan dengan mencontoh atau mempergunakan gambaran sebenarnya dari suatu sistem kehidupan dunia nyata tanpa harus mengalaminya pada keadaan yang sesungguhnya. Simulasi juga dapat diartikan sebagai suatu teknik yang dapat digunakan untuk memformulasikan dan memecahkan model-model dari sistem yang luas.

Berdasarkan pengertian simulasi diatas, maka simulasi pertumbuhan wortel adalah suatu cara untuk memodelkan pertumbuhan tanaman wortel. Sebelumnya mungkin kita hanya cukup mengetahui wortel itu ditanam dan wortel itu dipanen. 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 dihitung adalah jumlah cabang setiap tanaman wortel. Sebagai sampel, penelitian ini menggunakan tiga kelompok tanaman wortel. Dari tiga kelompok tanaman wortel tersebut akan diambil nilai rata-rata jumlah cabang. Kemudian nilai tersebut digunakan sebagai inputan proses simulasi pertumbuhan wortel. Setelah proses simulasi dilakukan, maka akan diketahui kelompok mana yang tumbuh subur dan kelompok mana yang tidak. Selain itu dari proses simulasi ini juga dapat diketahui kualitas wortel terbaik yang kedepannya dapat dikembangkan biakkan menjadi bibit unggul.

Dalam simulasi ini, dapat diketahui bahwa pertumbuhan tanaman wortel antara satu kelompok dengan kelompok lainnya terdapat perbedaan. Perbedaannya terlihat pada tingkat kesuburan masing-masing kelompok tanaman. Meskipun telah ditanam ditempat yang sama dan diberi perlakuan yang sama, namun pertumbuhannya sangat berbeda. Untuk menjelaskan hal ini, dalam Al-Qur'an surat Ar-Ra'd ayat 4 Allah berfirman:

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُّتَجَبِرَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ وَزُرْعٌ وَنَخِيلٌ وَسِنَوَانٌ مُّغْتَرِبُونَ
 وَسِنَوَانٌ يُسْقَى بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفِضَ لُبَّهَا عَلَىٰ بَعْضِ فِي الْأُكُلِ ۗ 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 ayat tersebut dijelaskan bahwa Allah juga menciptakan tanaman yang beragam bentuk dan rasa. Meskipun tanaman tersebut ditanam ditempat yang berdampingan, namun hasil akhirnya belum tentu sama. Fenomena ini menunjukkan tanda-tanda kebesaran Allah bagi hamba-hambanya yang berfikir.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian dan implikasi program, maka dapat disimpulkan

1. Kadar penyiraman mempengaruhi pertumbuhan tanaman
2. MSG sebagai pengganti pupuk urea mempengaruhi pertumbuhan tanaman
3. Semakin banyak air yang disirami ke tanaman wortel, semakin membuat wortel tumbuh subur
4. Metode *XL-System* bisa digunakan untuk membuat simulasi pertumbuhan tanaman wortel dengan memanfaatkan GroImp sebagai software.

5.2 Saran

1. Secara keseluruhan, simulasi ini masih sangat jauh dari kesempurnaan. Simulasi ini belum bisa menampilkan pertumbuhan wortel secara detail. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk mengembangkan teori simulasi ini menjadi lebih sempurna lagi.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan agar melengkapi data-data dengan lebih detail. Sehingga hasil simulasinya bisa lebih baik.
3. Penelitian selanjutnya diharapkan agar memilih metode yang tepat untuk memproses data inputan. Sehingga hasil simulasinya menjadi lebih detail.

DAFTAR PUSTAKA

- Albab, Moh. Ulil. 2012. *Simulasi pertumbuhan chrysanthemum reagent pink terhadap pemberian komposisi pupuk urea dan kcl berbasis xl system menggunakan fuzzy mamdani*. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Asy-Syafi'i. Syaikh Abu Bakar Jabir Al Jazairi. 2007. *Tafsir Alquran Al-Aisar Jilid 4*. Jakarta Timur: Darus sunah press.
- Cahyono, Bambang. 2002. Wortel, *Teknik Budi Daya Dan Analisis Usaha Tani*. Yogyakarta:
KANISIUS.http://books.google.co.id/books?id=TrraaBpXo1UC&printsec=frontcover&dq=Teknik+Budi+Daya+Dan+Analisis+Usaha+Tani&hl=id&sa=X&ei=Kxn4UIqYBI_OrQf6x4HgAg&ved=0CCkQ6AEwAA
(Diakses pada tanggal 25 Nopember 2012).
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 1996. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka
- Dr. Abdulah bin Muhammad. 2007. *Tafsir ibnu Katsir*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Eka, Karma Iswasta. 2004. *Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Monosodium Glutamat Sebagai Pupuk Tanaman Caisiem (Brassica juncea)*. Tidak Diterbitkan. Jurusan Pendidikan Biologi FKIP Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Jalaluddin Muhammad Ibn Ahmad Al-Mahalliy dan Jalaluddin Asy-Syuyuth. 2009. *Tafsir Jalalain*. Tasikmalaya: Pustaka Al-Hidayah.
- Keliat, S. D. 2008. *Analisis Sistem Pemasaran Wortel*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Kusumadewi, Sri.2003. *Artifical Intelligence (Teknik & Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

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

Mukodi M.S.I & as'dil Muhammad. 2009. *Agar Anda Tidak Pikun Dan Rentan Dihari Tua*. Yogyakarta: cetakan pertama, Graha Ilmu halaman128.

Musthofa, Ahmad. 1993. *Tafsir Al-Maraghi*. Semarang: Toha Putra.

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

Rukmana,Rahmat.1995.*BertanamWortel*.Yogyakarta:KANISIUS.<http://books.google.co.id/books?id=jjhumHJ2zecC&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false> (Diakses pada tanggal 30 Nopember 2012).

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

Syaikh Ahmad Muhammad Syakir dan Syaikh Mahmud Muhammad Syakir. 2008. *Tafsir Alquran Ath-Thabari Jilid 10*. 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*. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Maulana Malik Ibrahim Malang.

<http://zonabawah.blogspot.com/2011/04/fungsi-air-bagi-tumbuhan.html>

(diakses tanggal 10 desember 2012)

<http://bebas.vlsm.org/v12/sponsor/SponsorPendamping/Praweda/Biologi/0054%20Bio%202-3a.html>

(Diakses 29 september 2012 jam 20.00)

<http://meynyeng.wordpress.com/2010/06/03/monosodium-glutamat-sebagai-pupuk-alternatif-tanaman-aglaonema.html>

(diakses tanggal 21 Nopember 2012)

<http://risly-rald.blogspot.com/2012/04/nutrisi-yang-murah-meriah-untuk-tanaman.html> (diakses tanggal 22 nopenber 2012)

<http://pengertianpengertian.blogspot.com/2012/02/pengertian-msg.html>
(diakses tanggal 3 Desember 2012)



LAMPIRAN

Tabel Data Tanaman Wortel Untuk Nilai Perhitungan Fuzzy Pengukuran Hari ke-50 :

Tabel Kombinasi Air 0 - MSG 0

Tanaman	Jumlah Cabang
1	?
2	?
3	?
4	?
5	?
6	?
7	?
8	?
9	?
10	?
Jumlah	36
Rata-Rata	3.6

Tabel kombinasi Air 0-MSG 3

Tanaman	Jumlah Cabang
1	?
2	?
3	?
4	?
5	?
6	?
7	?
8	?
9	?
10	?
Jumlah	40
Rata-Rata	4

Tabel Kombinasi Air 0 - MSG 6

Tanaman	Jumlah Cabang
1	?
2	?
3	?
4	?
5	?
6	?
7	?
8	?
9	?
10	?
Jumlah	44
Rata-Rata	4.4

Tabel Kombinasi Air 1 - MSG 0

Tanaman	Jumlah Cabang
1	?
2	?
3	?
4	?
5	?
6	?
7	?
8	?
9	?
10	?
Jumlah	39
Rata-Rata	3.9

Tabel Kombinasi Air 1 - MSG 3

Tanaman	Jumlah Cabang
1	?
2	?
3	?
4	?
5	?
6	?
7	?
8	?
9	?
10	?
Jumlah	48
Rata-Rata	4.8

Tabel Kombinasi Air 1 - MSG 6

Tanaman	Jumlah Cabang
1	?
2	?
3	?
4	?
5	?
6	?
7	?
8	?
9	?
10	?

Jumlah	51
Rata-Rata	5.1

Tabel Kombinasi Air 2 - MSG 0

Tanaman	Jumlah Cabang
1	?
2	?
3	?
4	?
5	?
6	?
7	?
8	?
9	?
10	?
Jumlah	47
Rata-Rata	4.7

Tabel 1.8 Urea 2 - Kompos 3

Tanaman	Jumlah Cabang
1	?
2	?
3	?
4	?
5	?
6	?

7	?
8	?
9	?
10	?
Jumlah	58
Rata-Rata	5.8

Tabel Kombinasi Air 2 - MSG 6

Tanaman	Jumlah Cabang
1	?
2	?
3	?
4	?
5	?
6	?
7	?
8	?
9	?
10	?
Jumlah	55
Rata-Rata	5.5

Tabel Data Tanaman Wortel Untuk Input Perhitungan Fuzzy

Pengukuran ke-1 :

Tabel Kombinasi Air 2 – MSG 4

Tanaman	Jumlah Cabang
1	?
2	?
3	?
4	?
5	?
6	?
7	?
8	?
9	?
10	1.2

Pengukuran Ke-2 :

Tabel Kombinasi Air 2 – MSG 4

Tanaman	Jumlah Cabang
1	?
2	?
3	?
4	?
5	?
6	?
7	?
8	?
9	?
10	2.4

Pengukuran Ke-3 :

Tabel Kombinasi Air 2 – MSG 4

Tanaman	Jumlah Cabang
1	?
2	?
3	?
4	?
5	?
6	?
7	?
8	?
9	?
10	3.6

Pengukuran Ke-4 :

Tabel Kombinasi Air 2 – MSG 4

Tanaman	Jumlah Cabang
1	?
2	?
3	?
4	?
5	?
6	?
7	?
8	?
9	?
10	4.8

Pengukuran Ke-5 :

Tabel Kombinasi Air 2 – MSG 4

Tanaman	Jumlah Cabang
1	?
2	?
3	?
4	?
5	?
6	?
7	?
8	?
9	?
10	6

Foto-foto Kegiatan

Gambar persiapan lahan penanaman wortel





Gambar persiapan pembibitan





Tabel Jadwal Kegiatan

No	Nama Kegiatan	Waktu Pelaksanaan
1	Mempersiapkan lahan	13 September 2012
2	Menanam bibit bunga <i>wortel</i>	17 September 2012
3	Pengambilan data ke-1	27 September 2012
4	Menyiangi tanaman	29 September 2012
6	Pengambilan data ke-2	7 Oktober 2012
7	Pemupukan dan penyiangan	9 Oktober 2012
8	Pengambilan data ke-3	17 Oktober 2012
9	Penjarangan tanaman	20 Oktober 2012
10	Pengambilan data ke-4	27 Oktober 2012
12	Penjarangan tanaman	31 Oktober 2012
13	Pengambilan data ke-5	6 November 2012