

**DIAGNOSIS PENYAKIT PADA BAWANG MERAH DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *FUZZY TSUKAMOTO* (STUDI  
KASUS : UPTD. PEMBIBITAN TERNAK DAN HIJAUAN  
MAKANAN TERNAK KEC. SINGOSARI MALANG)**

**SKRIPSI**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

Firmansyah Arif Maulana

NIM: 115060807111076



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**

# PENGESAHAN

## DIAGNOSIS PENYAKIT PADA BAWANG MERAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY TSUKAMOTO (STUDI KASUS : UPTD. PEMBIBITAN TERNAK DAN HIJAUAN MAKANAN TERNAK KEC. SINGOSARI MALANG)

### SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :  
Firmansyah Arif Maulana  
NIM: 115060807111076

Skrripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
26 Juli 2018  
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I



Nurul Hidayat, S.Pd, M.Sc  
NIP: 196804302002121001

Dosen Pembimbing II



Satrio Hadi Wijoyo, S.Si., S.Pd., M.Kom  
NIK: 2016098909101001

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Informatika



  
Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D  
NIP: 197105182003121002

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 1 Januari 2015



Firmansyah Arif Maulana

NIM: 115060807111076

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya Penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Diagnosis Penyakit Pada Bawang Merah Dengan Menggunakan Metode *Fuzzy Tsukamoto* (Studi Kasus : Uptd. Pembibitan Ternak Dan Hijauan Makanan Ternak Kec. Singosari Malang)” dengan baik. Melalui kesempatan ini, Penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama pengerjaan skripsi, diantaranya:

1. Nurul Hidayat, S.Pd, M.Sc., selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan ilmu, bimbingan, arahan, motivasi, serta meluangkan waktunya selama penyusunan skripsi ini.
2. Satrio Hadi Wijoyo, S.Si., S.Pd., M.Kom selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan ilmu, bimbingan, arahan, nasihat, serta meluangkan waktunya selama penyusunan skripsi ini.
3. Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Universitas Brawijaya.
4. Agus Wahyu Widodo, S.T, M.Cs., Ketua Program Studi Jurusan Teknik Informatika Universitas Brawijaya.
5. Kedua orang tua saya Subandi dan Muslikah yang telah memberi motivasi, kasih sayang serta dukungan moril dan materil. Kedua saudara saya Rakhmad Zainuri dan Abdilah Yaumul Ahadianto yang telah memberikan semangat dan dukungan dari awal sampai akhir pengerjaan skripsi ini.
6. Segenap bapak dan ibu dosen yang telah mendidik dan mengajarkan ilmunya kepada Penulis selama menempuh pendidikan di Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
7. Staf administrasi Program Studi Informatika/Illmu Komputer, Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer.

Keluarga Besar Mahasiswa Informatika/Illmu Komputer khususnya angkatan 2011, seluruh teman-teman Kelas H terima kasih atas segala bantuan dan dukungannya selama ini.

Malang, 10 Januari 2018

Firmansyah Arif Maulana

firmanfilkom@gmail.com

## ABSTRAK

Bawang merah termasuk salah satu jenis tanaman hortikultura. Tanaman bawang merah banyak mengandung zat-zat yang berfungsi sebagai antibiotik, merangsang pertumbuhan sel tubuh, untuk menekan aktifitas bakteri, dan juga mengandung vitamin B1. Ada banyak hal yang dapat mempengaruhi baik buruknya hasil panen para petani, salah satunya adalah serangan hama pada tanamannya. Pada praktik lapangan banyak para petani yang tidak tahu bagaimana caranya merawat dan mendeteksi serangan hama pada tanamannya. Berdasarkan kasus yang terjadi, maka sistem yang dibangun pada penelitian ini adalah "Diagnosis Penyakit Pada Bawang Merah Dengan Menggunakan Metode *Fuzzy Tsukamoto* (Studi Kasus : UPTD. Pembibitan Ternak Dan Hijauan Makanan Ternak Kec. Singosari Malang)". Metode yang digunakan dalam diagnosis penyakit pada tanaman bawang merah ini menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*. Hasil dari diagnosis pada sistem ini adalah sebuah penyakit bawang merah. Pengujian sistem ini menggunakan data penyakit dari BPTP Malang, Jawa Timur. Dari hasil ujicoba yang telah dilakukan untuk mendiagnosis penyakit pada bawang merah menghasilkan tingkat akurasi sebesar 80%.

**Kata kunci:** bawang merah, diagnosis, *Fuzzy Tsukamoto*



## ABSTRACT

*The onion is one of horticultural plant. The onions plant contain abundant substances that act as an antibiotic, stimulate the body cell growth, repress bacteria activity, and also contain vitamin B1. Some factors could affect farmer's harvest result, one of them is pest attack. In fact, many farmers don't know how to treat and detect the pest attack on their plants. Based on that case, the system "Onion Disease Diagnose Using Fuzzy Tsukamoto Method (Case Study: UPTD. Cattle Breeding and Green Animal Feed Kec. Singosari Malang)" was built in this research. Fuzzy Tsukamoto method was used to diagnose the disease of onion plant. The result of diagnosis in this system was an onion disease. This system testing used the disease data from BPTP Malang, East Java. The onion disease diagnose experiment result showed 80 % accuracy.*

**Keywords:** onion, diagnose, Fuzzy Tsukamoto



## DAFTAR ISI

PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan masalah .....	2
1.6 Sistematika pembahasan.....	2
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN .....	4
2.1 Tinjauan Pustaka .....	4
2.2 Seksi dua satu satu.....	5
2.2.1 Moler atau Layu Fusarium ( <i>Twisting Disease</i> ) .....	6
Gambar 2.5 Moler atau Layu Fusarium ( <i>Twisting Disease</i> ) .....	7
2.2.2 Trotol atau bercak ungu ( <i>Alternaria Porri</i> ) .....	7
2.2.3 Antraknose .....	8
2.2.4 Lalat penggorok daun.....	8
2.2.5 Ulat bawang .....	9
2.3 Struktur Sistem Pakar .....	9
2.4 Logika Fuzzy .....	11
2.4.1 Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	11
2.4.2 Fuzzifikasi .....	11

2.4.3 Defuzzifikasi .....	12
2.5 Fungsi keanggotaan .....	12
2.5.1 Representasi Linear .....	12
2.5.2 Representasi kurva segitiga .....	13
2.6 Metode Tsukamoto .....	13
BAB 3 METODOLOGI .....	14
3.1 Studi literatur .....	14
3.2 Pengumpulan data .....	15
3.3 Rekayasa kebutuhan .....	15
3.4 Perancangan .....	15
3.5 Implementasi .....	16
3.6 Pengujian .....	16
3.7 Pengambilan kesimpulan .....	16
BAB 4 HASIL .....	17
4.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak .....	17
4.1.1 Analisis kebutuhan masukan .....	17
4.1.2 Analisis kebutuhan proses .....	18
4.1.3 Analisis kebutuhan keluaran .....	18
4.2 Perancangan sistem pakar .....	18
4.2.1 Akuisisi pengetahuan .....	18
4.2.2 Basis pengetahuan .....	18
4.3 Mesin Inferensi .....	29
4.3.1 Perhitungan Manual .....	30
4.3.2 Antarmuka Pengguna .....	31
4.3.3 Halaman Beranda .....	31
BAB 5 Hasil dan PEMBAHASAN .....	35
5.1 Spesifikasi <i>Software</i> dan <i>Hardware</i> .....	35
5.1.1 Spesifikasi <i>Software</i> .....	35
5.1.2 Spesifikasi <i>Hardware</i> .....	35
5.2 Kode Program .....	36
5.3 Pengujian Akurasi .....	39
5.4 Analisis Hasil Pengujian Akurasi .....	39



BAB 6 Penutup .....	40
6.1 Kesimpulan.....	40
6.2 Saran .....	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN A.....	42



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kajian literatur ilmiah .....	4
Tabel 3.1 Penentuan Kebutuhan data penelitian .....	15
Tabel 4.1 Kode Penyakit .....	19
Tabel 4.2 Kode Gejala .....	19
Tabel 4.3 Data Penyakit Ulat Bawang .....	20
Tabel 4.4 Bobot Gejala .....	21
Tabel 4.5 Hitung Bobot .....	21
Tabel 4.6 Data Penyakit Lalat Bawang .....	22
Tabel 4.7 Bobot Gejala .....	22
Tabel 4.8 Hitung Bobot .....	23
Tabel 4.9 Moler .....	23
Tabel 4.10 Bobot Gejala .....	25
Tabel 4.11 Hitung Bobot .....	26
Tabel 4.12 Trotol .....	27
Tabel 4.13 Bobot Gejala .....	27
Tabel 4.14 Hitung Bobot .....	28
Tabel 4.15 Antraknose .....	28
Tabel 4.16 Bobot Gejala .....	29
Tabel 4.17 Hitung Bobot .....	29
Tabel 4.18 Contoh Kasus Gejala Penyakit bawang merah .....	31
Tabel 5.1 Spesifikasi <i>Software</i> .....	35
Tabel 5.2 Spesifikasi <i>Hardware</i> .....	35

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bawang Putih ( <i>Garlic</i> ).....	5
Gambar 2.2 Bawang Merah .....	6
Gambar 2.3 Bawang Bombay.....	6
Gambar 2.4 Bawang Daun .....	6
Gambar 2.5 Moler atau Layu Fusarium ( <i>Twisting Disease</i> ) .....	7
<b>Gambar 2.6 Trotol atau bercak ungu (<i>Alternaria Porri</i>).....</b>	<b>7</b>
Gambar 2.7 Antraknose .....	8
Gambar 2.8 Lalat penggorok daun.....	8
Gambar 2.9 Ulat bawang .....	9
Gambar 2.10 Stuktur Sistem Pakar .....	10
Gambar 2.11 Representasi linier naik.....	12
Gambar 2.12 Representasi Kurva Segitiga.....	13
Gambar 3.1 Diagram metode penelitian .....	14
Gambar 4.1 Pohon Perancangan .....	17
Gambar 4.2 Diagram Alir Fuzzy.....	30
Gambar 4.3 Halaman Beranda.....	32
Gambar 4.4 Halaman Bawang merah .....	32
Gambar 4.5 Halaman Hama/Penyakit .....	33
Gambar 4.6Halaman Diagnosis Penyakit .....	34

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.1 Data penyakit, gejala, dan bobot sementara .....	42
Lampiran A.2 Data penyakit, gejala, dan bobot sementara .....	42
Lampiran A.3 Data penyakit, gejala, dan bobot sementara .....	42
Lampiran A.4 Data penyakit dan gejala tambahan .....	42
Lampiran A.5 Data bobot gejala dari pakar .....	42
Lampiran A.6 Data Gejala.....	42
Lampiran A.7 Data penyakit.....	42
Lampiran A.8 Data hasil panen .....	42



**PENGESAHAN**

**DIAGNOSIS PENYAKIT PADA BAWANG MERAH DENGAN  
MENGUNAKAN METODE FUZZY TSUKAMOTO (STUDI  
KASUS : UPTD. PEMBIBITAN TERNAK DAN HIJAUAN  
MAKANAN TERNAK KEC. SINGOSARI MALANG)**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :  
Firmansyah Arif Maulana  
NIM: 115060807111076

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
26 Juli 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Nurul Hidayat, S.Pd, M.Sc  
NIP: 196804302002121001

Satrio Hadi Wijoyo, S.Si., S.Pd., M.Kom  
NIK: 2016098909101001

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D  
NIP: 197105182003121002



## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Bawang merah termasuk salah satu jenis *hortikultura*. Bawang merah yang mempunyai nama latin *Allium cepa L.* merupakan jenis tanaman yang menjadi bumbu di berbagai masakan yang ada di Asia Tenggara maupun di dunia. Manfaat bawang merah bagi kesehatan tubuh antara lain kandungan unsur-unsur aktif yang memiliki kemampuan untuk menekan aktifitas bakteri, merangsang pertumbuhan sel tubuh, sebagai bahan antibiotic dan sebagai sumber vitamin B1 (Djali, 2009). Menurut data yang diperoleh dari BPS (Badan Pusat Statistik) produksi bawang merah pada tahun 2014 meningkat sebanyak 223,22ribu ton dari tahun 2013 atau sekitar 22,08% (BPS,2015). Adanya perbedaan produksi bawang merah di Jawa dan di luar pulau Jawa. Menurut data BPS tentang produksi bawang merah di seluruh daerah Jawa dalam periode 2012 – 2014 selalu meningkat tiap tahunnya, berbeda dengan daerah luar pulau Jawa pada tahun 2012 panen bawang di daerah luar Jawa mencapai 230,56ribu ton, pada tahun 2013 produksi bawang merah menurun ke angka 221,25ribu ton, akan tetapi pada tahun 2014 produksi bawang merah di daerah luar pulau Jawa kembali meningkat menjadi 277,34ribu ton (BPS,2015).

Adapun hal-hal yang menyebabkan turunnya produksi bawang merah bahkan sampai gagal panen. Selain faktor-faktor seperti curah hujan terlalu tinggi, pemilihan benih dan perawatan benih, ada juga faktor yang sangat berpengaruh dalam hal penyebab menurunnya produksi bawang merah yaitu penyakit yang disebabkan oleh virus (BPTPJATIM,2013). Pencegah serangan hama dan penyakit dapat dilakukan dengan cara melakukan Diagnosis dini. Apabila setelah dilakukan Diagnosis ditemukan gejala-gejala serangan penyakit pada tanaman bawang merah, petani dapat melakukan pencegahan sebelum penyakit menyebar luas, bahkan dapat menyebabkan gagal panen. Akan tetapi tidak semua orang dapat melakukan diagnosis serangan penyakit pada bawang merah. Dibutuhkan seorang pakar yang ahli agar dapat mendiagnosis gejala-gejala serangan penyakit yang menyerang pada tanaman bawang merah. Jumlah pakar yang ada tidak sebanding dengan banyaknya petani bawang merah. Sehingga dibutuhkan sebuah sistem yang dapat membantu petani bawang dalam memberikan Diagnosis penyakit yang menyerang tanaman bawang merah sebagai pengganti seorang pakar.

Ada beberapa metode yang dipakai dalam pembuatan sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit. Sebelumnya telah dilakukan sebuah penelitian untuk membangun sistem Diagnosis penyakit pada tanaman cabai dengan menggunakan metode *Forward Chaining* (Anshori,2013). Metode *Forward Chaining* ini menggunakan *rule* untuk menarik kesimpulan dari diagnosis hama dan penyakit.

Adapun metode lain yang dapat digunakan untuk mendiagnosis serangan hama dan penyakit. Metode *Fuzzy Tsukamoto* dipilih karena setiap konsekuensi pada aturan berbentuk *IF-THEN* direpresentasikan dengan himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Untuk menghasilkan nilai *output* yang tegas.

Metode *defuzzifikasi* yang digunakan dalam metode *Tsukamoto* adalah metode *defuzzifikasi* rata-rata terpusat (Abdurrahman,2011).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dibuat sebuah sistem yang dapat mendiagnosis serangan penyakit pada tanaman bawang merah. Dalam pembuatan sistem, peneliti menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* dalam penelitian yang dilakukan dengan judul “Diagnosis Penyakit Pada Bawang Merah Dengan Menggunakan Metode *Forward Chaining*”. Diharapkan nantinya sistem ini dapat membantu para petani dalam mendiagnosis jenis penyakit yang menyerang pada tanaman bawang merah berdasarkan gejala-gejala yang terjadi secara akurat.

## 1.2 Rumusan masalah

Dari latar belakang tersebut dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana menerapkan metode *Fuzzy Tsukamoto* ke dalam sistem Diagnosis penyakit tanaman bawang merah.
2. Bagaimana hasil pengujian sistem Diagnosis penyakit pada tanaman bawang merah dengan menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*.

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menerapkan metode *Fuzzy Tsukamoto* ke dalam sistem Diagnosis penyakit pada tanaman bawang merah
2. Menguji akurasi sistem Diagnosis penyakit pada tanaman bawang merah menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*

## 1.4 Manfaat

Di harapkan dengan dilakukannya penelitian ini, para petani dapat mendiagnosis penyakit yang menyerang tanaman bawang merah dengan tepat dan dapat terhindar dari ancaman gagal panen.

## 1.5 Batasan masalah

Penelitian ini dibatas pada hal-hal sebagai berikut :

1. Data yang digunakan berasal dari Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur.
2. Inferensi menggunakan *Forward Chaining*
3. Terdapat lima penyakit pada sistem yang akan dibuat.

## 1.6 Sistematika pembahasan

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan, maka sistematika penulisan yang disusun dalam laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

**BAB 1 Pendahuluan**

Berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat dari penelitian, batasan masalah, serta sistematika.

**BAB 2 Landasan Kepustakaan**

Menjelaskan tentang dasar teori dan referensi secara luas dari permasalahan, serta informasi yang diperlukan dalam perancangan dan implementasi dari permasalahan yang akan dibahas.

**BAB 3 Metodologi Penelitian**

Membahas tentang tahapan – tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian, diantaranya studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian dan analisis.

**BAB 4 Perancangan**

Membahas tentang perancangan sistem sesuai teori yang ada serta membahas implementasi sistem.

**BAB 5 Implementasi**

Pada bab ini akan membahas tentang implementasi algoritme *Fuzzy Tsukamoto* dan membahas tentang proses pengujian sistem dari awal hingga akhir serta hasil dari pengujian yang telah diimplementasikan sebelumnya.

**BAB 6 Kesimpulan**

Memuat kesimpulan yang berdasarkan atas pengujian dan analisis yang telah dilakukan, serta saran untuk pengembangan penelitian berikutnya.

## BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

### 2.1 Tinjauan Pustaka

Pada bab dua berisi uraian dan pembahasan tentang kajian literatur ilmiah dan teori yang berkaitan dengan diagnosis penyakit pada bawang merah dengan menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*. Dalam landasan kepustakaan terdapat landasan teori dari berbagai sumber pustaka yang terkait dengan teori dan metode yang digunakan dalam penelitian, yaitu penelitian sebelumnya yang berjudul “Penilaian Prestasi Kinerja Pegawai Menggunakan Fuzzy Tsukamoto” (Hilman Nuril Hadi, Wayan Firdaus Mahmudy, 2015), “Implementasi Fuzzy Tsukamoto Dalam Mendiagnosis Penyakit Diabetes Melitus” (Yanmas Akhir Maulana, Bowo Nurhadiyono, 2013). Penelitian saat ini adalah diagnosis penyakit pada bawang merah dengan menggunakan metode fuzzy tsukamoto.

Dasar teori yang diperlukan adalah: hama penyakit bawang merah dan *algoritme fuzzy tsukamoto*.

Pada kajian literatur ilmiah membahas mengenai penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan skripsi ini. Rujukan yang dipakai pada penelitian ini telah direpresentasikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kajian literatur ilmiah

No	Judul	Obyek ( <i>Input dan Parameter</i> )	Metode	<i>Output (Hasil dan Akurasi)</i>
1	(Yanmas Akhir Maulana ,Bowo Nurhadiyono, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penyakit diabetes melitus</li> <li>• gula darah puasa</li> <li>• gula plasma puasa</li> <li>• gula darah 2jam PP</li> <li>• kadar HbA1c</li> </ul>	<i>Fuzzy Tsukamoto</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tinggi</li> <li>• sedang</li> <li>• rendah</li> </ul>
2	(Ramadhana Sanja A,Alfan Nazala Putra, Adzhana Hasfi, Stevanie Amanda S P, Gusnia Syukriyawati, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gejala-gejala yang terjadi</li> </ul>	<i>Fuzzy Tsukamoto</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Persentase resiko terkena penyakit</li> </ul>

Tabel 2.1 Kajian literatur ilmiah (lanjutan)

(Ida Wahyuni, Wayan Firdaus Mahmudy, Atiek Iriany, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nilai prediksi jarak musim hujan</li> <li>• <i>besarnya curah hujan yang terjadi</i></li> </ul>	<i>FIS Tsukamoto</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• curah hujan rendah atau tinggi</li> </ul>
Sistem Pakar Menggunakan Mesin Inferensi Fuzzy Untuk Menentukan Hama Dan Penyakit Pada Tanaman Bawang Merah (Wilis Kaswidjanti, 2010)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gejala-gejala yang terjadi</li> <li>• Menjawab pertanyaan iya atau tidak</li> </ul>	<i>Fuzzy dengan inferensi backward chaining</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnosis penyakit bawang</li> </ul>

## 2.2 Seksi dua satu satu

Bawang merupakan istilah umum bagi sekelompok tumbuhan penting bagi manusia yang termasuk dalam genus *Allium*. Umbi, daun, atau bunga bawang dimanfaatkan sebagai sayuran atau sebagai rempah-rempah. Adapun beberapa jenis bawang yaitu bawang putih (*garlic*) dapat dilihat pada Gambar 2.1, bawang merah dapat dilihat pada Gambar 2.2, bawang bombay dapat dilihat pada Gambar 2.3, bawang daun dapat dilihat pada Gambar 2.4, dll.

Gambar 2.1 Bawang Putih (*Garlic*)



**Gambar 2.2 Bawang Merah**



**Gambar 2.3 Bawang Bombay**

**Gambar 2.4 Bawang Daun**

### **2.2.1 Moler atau Layu Fusarium (*Twisting Disease*)**

Salah satu penyebab penurunan hasil pada budidaya bawang merah adalah penyakit moler yang dapat dilihat pada Gambar 2.5. Masalah utama dalam usaha tani bawang merah di Indonesia ialah serangan organisme pengganggu tumbuhan (OPT) yang sangat merugikan. Kehilangan hasil karena serangan OPT pada bawang merah berkisar antara 20-100% dengan potensi kerugian secara ekonomi rerata nasional mencapai 138,4 milyar rupiah/ tahun.



**Gambar 2.5 Moler atau Layu Fusarium (*Twisting Disease*)**

Sumber: UPTD Malang

- **Gejala**

1. Daun bawang merah menguning dan terpelintir layu (moler).
2. Tanaman mudah tercabut karena pertumbuhan akar terganggu dan membusuk.
3. Apabila umbi lapis dipotong membujur akan terlihat adanya pembusukan berawal dari dasar umbi meluas ke atas dan ke samping.

### **2.2.2 Trotol atau bercak ungu (*Alternaria Porri*)**

Trotol atau bercak ungu memang menjadi penyakit utama bawang merah. Biasanya cendawan *alternaria porri* menginfeksi ketika tanaman membentuk umbi yakni 35-50 HST. Serangan penyakit Trotol dapat dilihat pada Gambar 2.6

Sumber: UPTD Malang



**Gambar 2.6 Trotol atau bercak ungu (*Alternaria Porri*)**

- **Gejala**

1. Ujung daun mengering, daun patah.
2. Gejala serangan pada daun timbul bercak berukuran kecil, berwarna putih dengan pusat berwarna ungu.

### 2.2.3 Antraknose

Pada musim hujan penyakit busuk daun (antraknosa) perlu mendapatkan perhatian ekstra, sebab cendawan *Collectricum gloeosporiodes* dapat berkembang biak dan menular sangat cepat. Serangan penyakit antraknosa dapat dilihat pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7 Antraknose**

Sumber: UPTD Malang

- **Gejala**

1. Terbentuk lekukan ke dalam, berlubang dan patah
2. Terdapat bercak berwarna putih pada daun.
3. Tanaman akan mati dengan cepat dan mendadak

### 2.2.4 Lalat penggorok daun

Serangan hama penggorok daun bisa dikatakan jarang terjadi, namun keberadaannya tidak bisa dianggap remeh. Serangan penggorok daun bisa berakibat fatal karena dapat menyebabkan daun mengering, mati dan tidak dapat menumbuhkan tunas baru. Serangan penggorok daun biasanya akan meningkat saat musim kemarau. Serangan hama ini dapat dilihat pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.8 Lalat penggorok daun**

Sumber: UPTD Malang

- **Gejala**
  1. Gejala serangan berat mulai pada umur 15 HST hingga menjelang tanam.
  2. Daun berwarna coklat seperti terbakar dan masuk ke dalam umbi bawang.
  3. Hampir seluruh helaian daun penuh kerokan

### 2.2.5 Ulat bawang

Ulat grayak pada bawang merah merupakan hama utama yang sulit dikendalikan karena merusak tanaman dari bagian dalam sehingga keberadaannya sulit dideteksi. Pada musim kemarau, populasinya meningkat sehingga mengganggu produktivitas. Karenanya, langkah antisipasi sebaiknya dilakukan sejak awal penanaman. Serangan ulat pada tanaman bawang merah ini dapat dilihat pada Gambar 2.9.



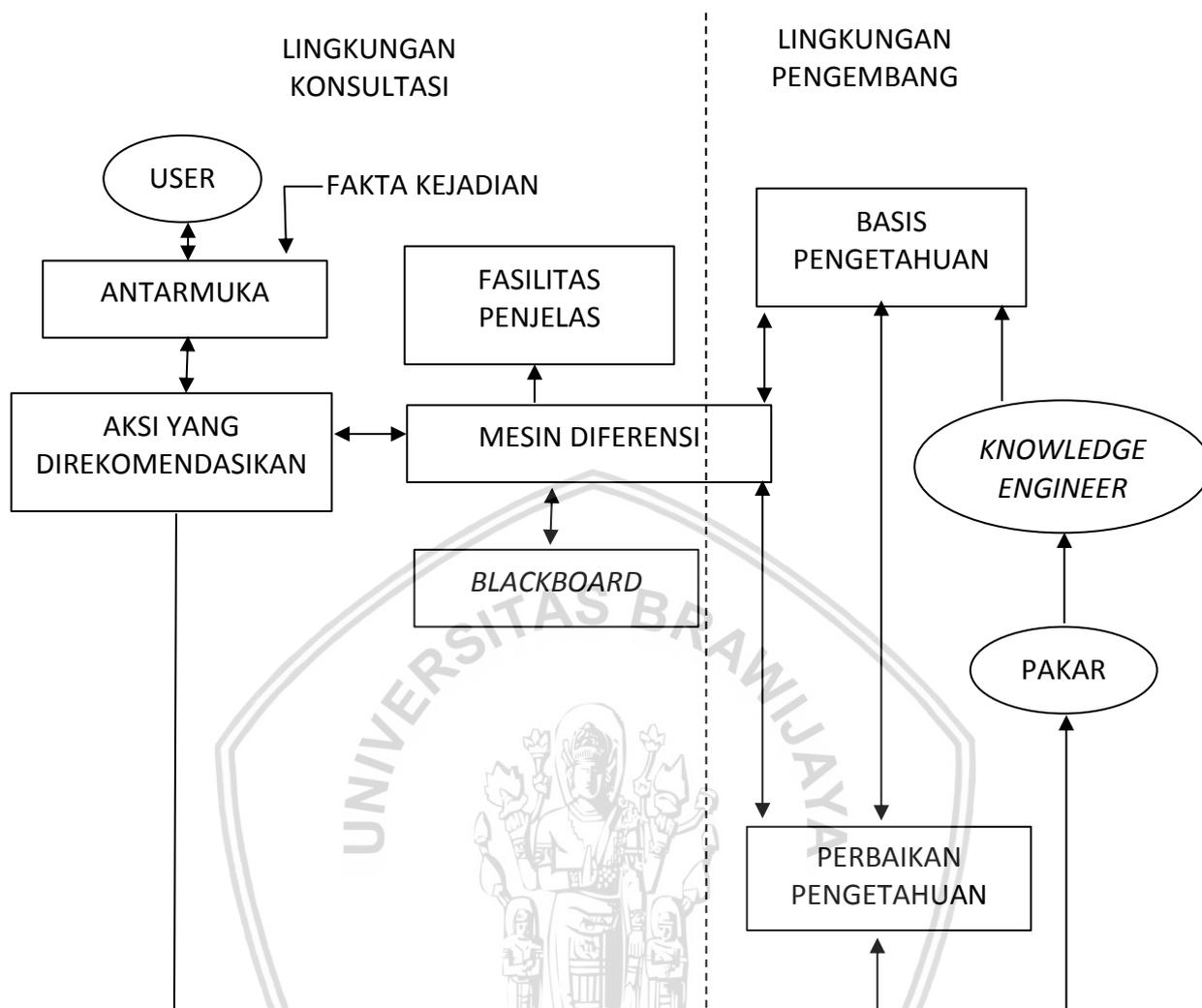
**Gambar 2.9 Ulat bawang**

Sumber: UPTD Malang

- **Gejala**
  1. Ulat *Spodoptera exigua* berukuran panjang sampai +25 mm, berwarna hijau atau coklat dengan garis tengah berwarna kuning.
  2. Daging daun habis dan menjadi transparan.
  3. Ulat menyerang tanaman dengan memakan daun bagian dalam.

### 2.3 Struktur Sistem Pakar

Struktur sistem pakar terbagi menjadi dua bagian yaitu *development environment* dan *consultation environment*. *Development environment* digunakan untuk membangun komponen-komponen dan memperkenalkan pengetahuan kedalam basis pengetahuan. *Consultation convernment* digunakan oleh pengguna untuk berkonsultasi kepada sebuah sistem pakar yang berperan sebagai pengganti pakar agar mendapatkan pengetahuan (Sutojo, et al., 2011). Struktur sistem pakar dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Stuktur Sistem Pakar

Sumber: (Sutojo.et al., 2011)

Arsitektur sistem pakar terdiri dari:

- a. *User*  
 Pada umumnya *user* adalah pengguna yang membutuhkan informasi atau pengetahuan untuk menyelesaikan sebuah masalah.
- b. Antarmuka  
 Pada bagian ini akan terjadi interaksi antara *user* dan sistem pakar.
- c. Mesin inferensi  
 Sebuah program untuk memproses penalaran terhadap suatu kondisi pada basis pengetahuan untuk mencapai kesimpulan. Ada tiga teknik pengendalian yaitu *Forward Chaining*, *Backward Chaining*, dan penggabungan dari kedua teknik tersebut.

d. Akuisisi Pengetahuan

Subsistem ini digunakan untuk memasukkan pengetahuan seorang pakar agar bisa diproses oleh komputer dan pengetahuan tersebut akan diletakkan kedalam basis pengetahuan.

## 2.4 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* adalah cabang dari sistem kecerdasan buatan (*Artificial Inteligent*) yang meniru kemampuan manusia dalam berfikir ke dalam bentuk algoritme yang kemudian dijalankan oleh mesin. Algoritme ini digunakan dalam berbagai aplikasi pemrosesan data yang tidak dapat direpresentasikan dalam bentuk biner. Logika fuzzy menginterpretasikan statemen yang samar menjadi sebuah pengertian yang logis.

Logika *Fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh *Prof. Lotfi Zadeh* seorang kebangsaan Iran yang menjadi guru besar di *University of California at Berkeley* pada tahun 1965 dalam papernya yang monumental. Pada paper tersebut dipaparkan ide dasar *fuzzy set* yang meliputi *inclusion, union, intersection, complement, relation* dan *convexity*. Pelopor aplikasi *fuzzy set* dalam bidang kontrol, yang merupakan aplikasi pertama dan utama dari *fuzzy set* adalah *Prof. Ebrahim Mamdani* dan kawan-kawan dari *Queen Mary College London*. Penerapan kontrol *fuzzy* secara nyata di industri banyak dipelopori para ahli dari Jepang, misalnya *Prof. Sugeno* dari *Tokyo Institute of Technology*, *Prof. Yamakawa* dari *Kyusu Institute of Technology*, *Togay* dan *Watanabe* dari *Bell Telephone Labs* (Girona, 2013). Komponen - komponen fuzzy sebagai berikut:

### 2.4.1 Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu pengembangan lebih lanjut tentang konsep himpunan dalam matematika. Himpunan *Fuzzy* adalah rentang nilai-nilai. Masing-masing nilai mempunyai derajat keanggotaan (*membership*) antara 0 sampai dengan 1. Ungkapan logika *Boolean* menggambarkan nilai-nilai "benar" atau "salah". Logika *fuzzy* menggunakan ungkapan misalnya: "sangat lambat", "agak sedang", "sangat cepat" dan lain-lain untuk mengungkapkan derajat intensitasnya (Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

### 2.4.2 Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah variabel *non fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik). Nilai masukan-masukan yang masih dalam bentuk variabel numerik yang telah dikuantisasi sebelum diolah oleh pengendali *fuzzy* harus diubah terlebih dahulu ke dalam variabel *fuzzy*. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun maka nilai-nilai masukan tersebut menjadi informasi *fuzzy* yang berguna nantinya untuk proses pengolahan secara *fuzzy* pula. Proses ini disebut fuzzifikasi (Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

*Inferencing (Rule Base)*

Pada umumnya, aturan-aturan *fuzzy* dinyatakan dalam bentuk “IF...THEN” yang merupakan inti dari relasi *fuzzy*. Relasi *fuzzy*, dinyatakan dengan  $R$ , juga disebut implikasi *fuzzy* (Kusumadewi dan Purnomo, 2010). Untuk mendapatkan aturan “IF....THEN” ada dua cara utama :

Menanyakan ke operator manusia yang dengan cara manual telah mampu mengendalikan sistem tersebut, dikenal dengan “*human expert*”.

Dengan menggunakan algoritme pelatihan berdasarkan data-data masukan dan keluaran.

### 2.4.3 Defuzzifikasi

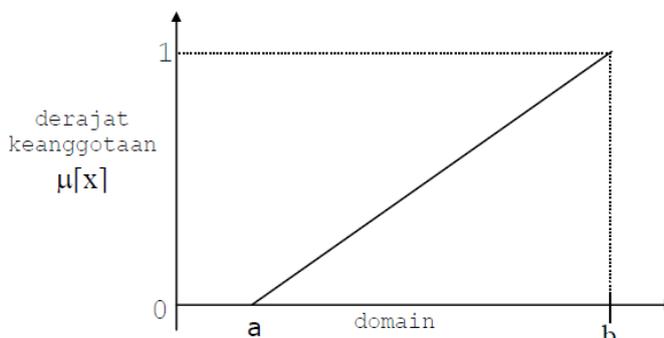
Keputusan yang dihasilkan dari proses penalaran masih dalam bentuk *fuzzy*, yaitu berupa derajat keanggotaan keluaran. Hasil ini harus diubah kembali menjadi variabel numerik *non fuzzy* melalui proses defuzzifikasi (Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

## 2.5 Fungsi keanggotaan

Fungsi Keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan 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.

### 2.5.1 Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada dua keadaan himpunan *fuzzy* yang linear. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi (Kusumadewi dan Purnomo, 2010) . Gambar 2.11 adalah gambar representasi linier naik dengan notasi persamaan pada (2.1)



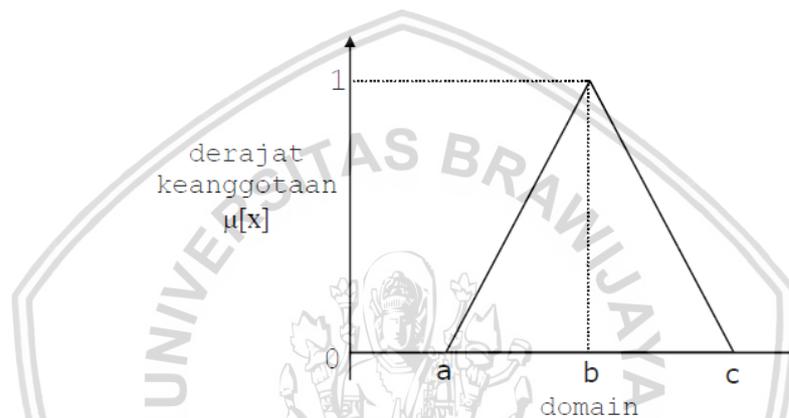
Gambar 2.11 Representasi linier naik

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu (X) = \begin{cases} 0 & ; & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; & a \leq x \leq b \\ 1 & ; & x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

### 2.5.2 Representasi kurva segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (linear) seperti terlihat pada Gambar 2.12 dan dengan notasi persamaan pada (2.2) (Kusumadewi dan Purnomo, 2010)



Gambar 2.12 Representasi Kurva Segitiga

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu (x) = \begin{cases} 0 & ; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; & a \leq x \leq b \\ \frac{(b-x)}{(c-b)} & ; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.2)$$

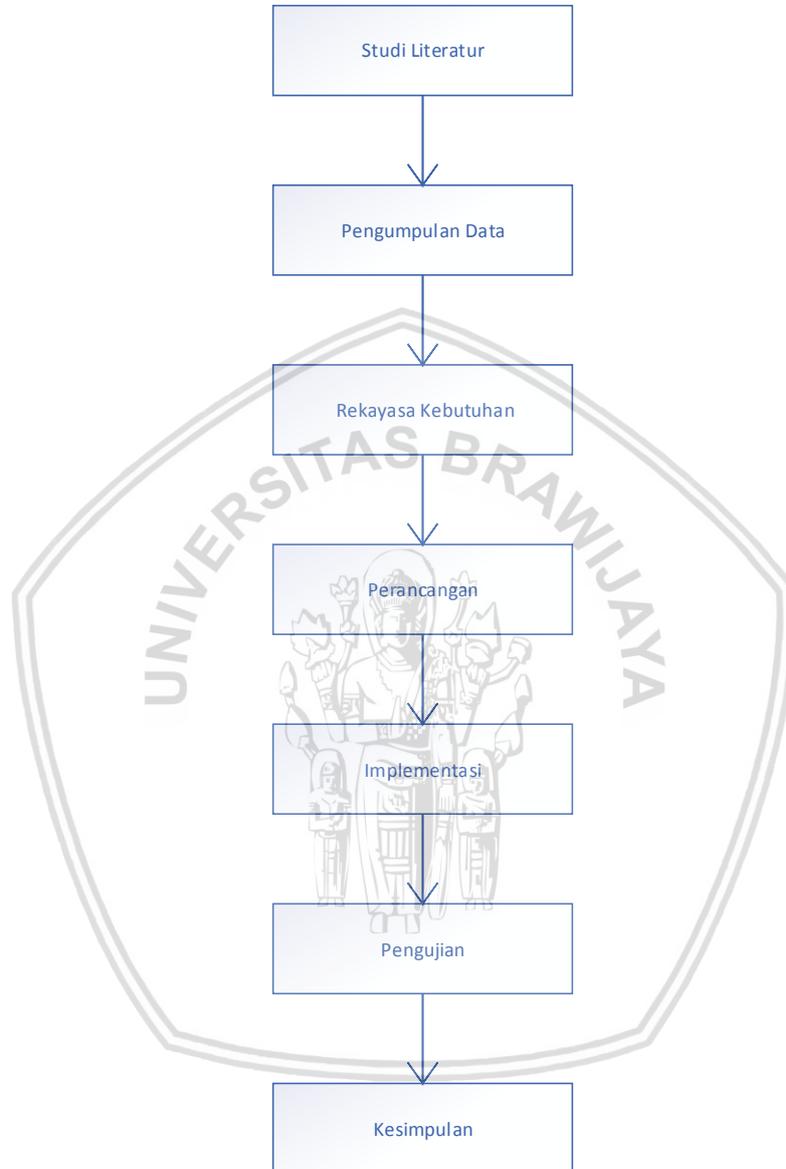
### 2.6 Metode Tsukamoto

Pada metode penarikan kesimpulan samar Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk *IF-THEN* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan samar dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil penarikan kesimpulan (*inference*) dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (cns) berdasarkan  $\alpha$ -predikat (*fire strength*). Hasil akhir diperoleh dengan menggunakan rata-rata berbobot (*weight average*).



## BAB 3 METODOLOGI

Bab ini menjelaskan langkah-langkah menyelesaikan masalah dalam sebuah penelitian. Gambar 3.1 adalah gambaran dari langkah-langkah yang akan dilakukan.



Gambar 3.1 Diagram metode penelitian

### 3.1 Studi literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur dari bidang-bidang yang terkait dengan pemodelan sistem diagnosis penyakit pada bawang merah, diantaranya:

- Algoritme Fuzzy Tsukamoto
- Identifikasi penyakit pada tanaman bawang merah

Literatur diperoleh dari *paper*, jurnal, dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.



### 3.2 Pengumpulan data

Metode pengumpulan data untuk penelitian terbagi menjadi dua jenis data yaitu data sekunder dan primer. Data primer merupakan data yang diperoleh dari wawancara terhadap pakar secara langsung, sedangkan data sekunder merupakan data yang dikumpulkan dari sumber lain dan tidak dipersiapkan untuk penelitian. Berdasarkan tabel 3.1 penentuan kebutuhan data penelitian sebagai berikut:

- Sumber data untuk penelitian mengenai penyakit bawang merah didapat dari wawancara langsung dengan pakar.
- Data kasus terserang penyakit pada tanaman bawang merah didapat dari BPTP Jawa Timur. Data digunakan dalam proses perhitungan dengan metode Fuzzy Tsukamoto

**Tabel 3.1 Penentuan Kebutuhan data penelitian**

NO	Kebutuhan Data	Sumber Data	Metode	Kegunaan Data
1	Data penyakit tanaman bawang merah	Pakar	Wawancara	Dasar pengetahuan tentang penyakit tanaman bawang merah
2	Data kasus tanaman bawang merah terserang penyakit	BPTP Jawa Timur, Kota Malang	Observasi	Digunakan pada proses perhitungan dengan metode Fuzzy Tsukamoto

### 3.3 Rekayasa kebutuhan

Pada tahap rekayasa kebutuhan akan dijelaskan identifikasi masalah, identifikasi aktor daftar kebutuhan sistem, dan use case.

Identifikasi masalah digunakan untuk menyatakan masalah yang lebih mendetail, sehingga dapat di definisikan sistem yang ingin digunakan. Kemudian dari definisi sistem dapat diidentifikasi aktor dalam sistem. Setelah sistem dan aktor didefinisikan, dilakukan analisis kebutuhan sistem, secara fungsional, non-fungsional, dan data. Setelah itu dapat dibuat skenario use case.

### 3.4 Perancangan

Proses perancangan sistem terdiri dari preprocessing data, perancangan sistem, manualisasi (penghitungan manual), desain antarmuka, dan perancangan pengujian.

Preprocessing data menjelaskan mengenai data-data yang perlu dipersiapkan untuk nanti digunakan dalam proses sistem pakar. Data-data yang dibutuhkan oleh sistem sebagai berikut: data gejala, data penyakit, dan data *rule*.

Perancangan sistem terdiri dari perancangan proses. Perancangan proses mengacu pada metode yang digunakan dalam penelitian yaitu *Fuzzy Tsukamoto*.

Proses sistem ini terdiri dari tiga tahapan yaitu fuzzifikasi, inferensi Tsukamoto, dan defuzzifikasi.

Manualisasi menjelaskan tentang proses penghitungan dengan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto yang akan diimplementasikan kepada sistem.

Desain antarmuka menggambarkan rancangan antarmuka agar *user* lebih cepat beradaptasi dengan sistem.

### 3.5 Implementasi

Implementasi terdiri dari penjelasan spesifikasi sistem, batasan implementasi, implementasi algoritme dan implementasi antarmuka. Spesifikasi sistem menjelaskan perangkat yang akan digunakan, berdasarkan analisis kebutuhan eksternal. Batasan implementasi menjelaskan batasan yang digunakan dalam sistem. Implementasi algoritme menjelaskan *source code* untuk membuat aplikasi pada sistem. Implementasi antar muka merupakan hasil rancangan antarmuka yang telah dibuat.

### 3.6 Pengujian

Pengujian dilakukan untuk menganalisis sistem dapat berjalan sesuai yang diharapkan atau tidak. Pengujian dilakukan dengan dua tahapan yaitu:

- Pengujian fungsional

Pengujian ini dilakukan oleh peneliti dan *user*. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan testing pada sistem, apakah berjalan sesuai harapan yang telah ditentukan.

- Pengujian akurasi pakar

Tujuan dilakukannya pengujian ini adalah untuk membandingkan tingkat akurasi sistem yang telah dibuat dengan cara membandingkan hasil dari penelitian yang dilakukan oleh pakar dan hasil penelitian yang diperoleh dari sistem.

### 3.7 Pengambilan kesimpulan

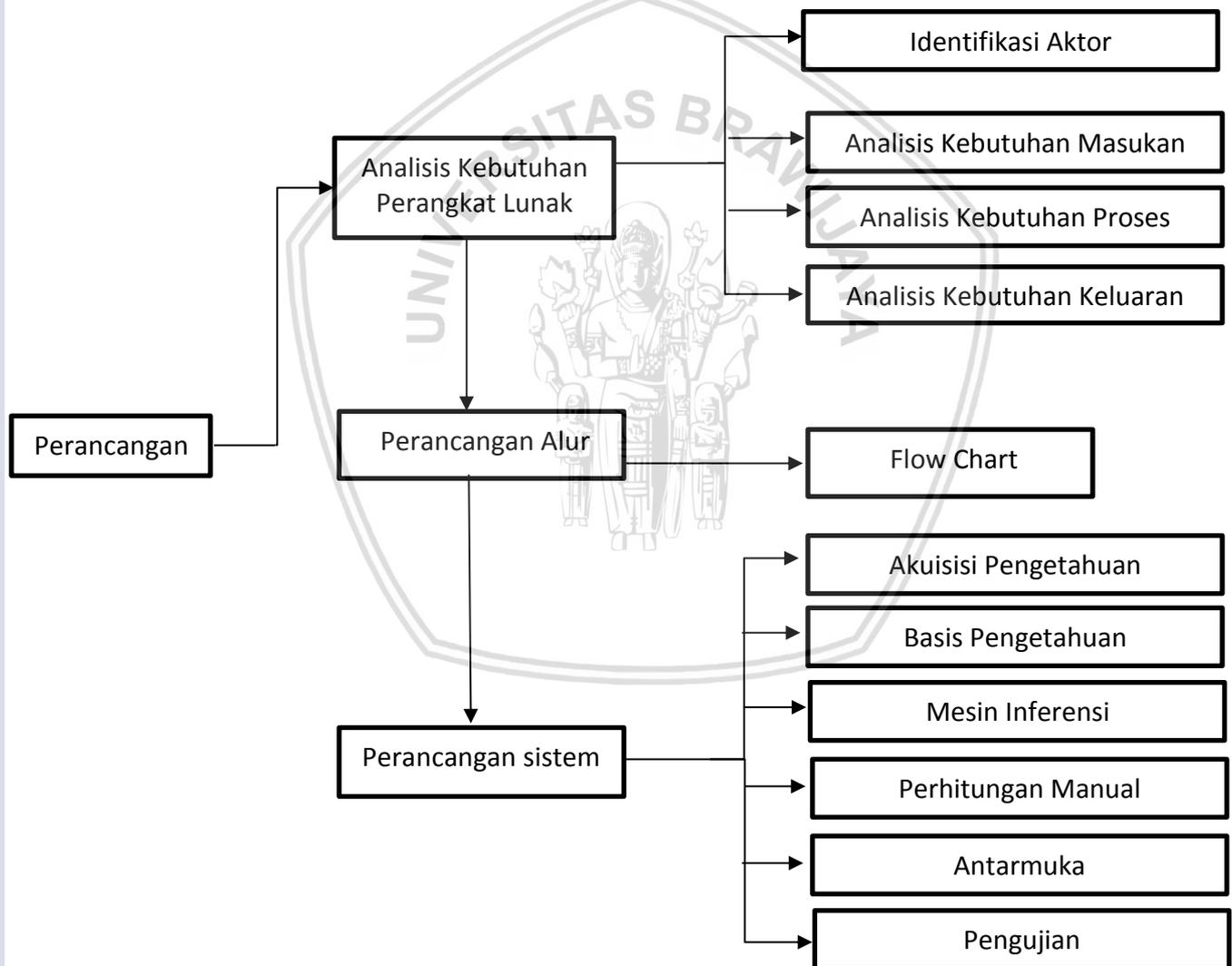
Pengambilan kesimpulan dilakukan setelah semua tahapan perancangan, implementasi, dan pengujian metode yang diterapkan telah selesai dilakukan. Kesimpulan diambil dari hasil pengujian dan analisis metode yang diterapkan. Tahap terakhir dari penulisan adalah saran yang dimaksudkan untuk memberi pertimbangan atas pengembangan metode selanjutnya.

## BAB 4 HASIL

Pada bab ini akan membahas tentang perancangan sistem yang akan dibuat dengan menggunakan metode fuzzy tsukamoto. Pohon perancangan meliputi dua tahapan yaitu analisis kebutuhan perangkat lunak, dan perancangan sistem pakar.

### 4.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Pada bagian ini akan dijelaskan rincian kebutuhan yang diperlukan dalam proses pembuatan system diagnosis penyakit pada tanaman bawang merah menggunakan fuzzy tsukamoto. Dalam analisis dibutuhkan beberapa hal yaitu kebutuhan *input*, kebutuhan *output*, kebutuhan data, dan kebutuhan proses. Pada Gambar 4.1 ditunjukkan pohon perancangan dari sistem.



Gambar 4.1 Pohon Perancangan

#### 4.1.1 Analisis kebutuhan masukan

Analisis kebutuhan masukan pada sistem ini terdiri dari kebutuhan fungsional yang diperlukan untuk melakukan interaksi dengan sistem pakar. Kebutuhan

fungsional menjelaskan kebutuhan yang harus tersedia pada sistem yang akan dibangun beserta nama proses dari setiap kebutuhan.

#### **4.1.2 Analisis kebutuhan proses**

Analisis kebutuhan proses pada sistem pakar ini berisi proses penalaran. Sistem akan melakukan penalaran untuk menentukan tanaman terdeteksi penyakit atau tidak berdasarkan nilai gejala yang dimasukkan oleh pengguna. Dari nilai yang dimasukkan oleh pengguna kemudian diproses menggunakan penalaran *Fuzzy Tsukamoto* yang kemudian akan menjadi keluaran dari sistem berupa hasil identifikasi terdeteksi suatu penyakit bawang merah atau tidak.

#### **4.1.3 Analisis kebutuhan keluaran**

Analisis kebutuhan keluaran dari sistem ini adalah hasil identifikasi berupa terdeteksi atau tidaknya pengguna terhadap suatu penyakit bawang merah yang telah dipilih. Hasil dari identifikasi tersebut didapat berdasarkan nilai gejala penyakit bawang merah yang dimasukkan oleh pengguna yang kemudian diproses menggunakan perhitungan metode *Fuzzy Tsukamoto*.

### **4.2 Perancangan sistem pakar**

Pada tahap perancangan sistem pakar berisi tentang komponen-komponen dalam arsitektur sistem pakar yang akan dibangun. Komponen tersebut terdiri dari akuisisi pengetahuan, basis pengetahuan, mesin inferensi, perhitungan manual, dan rancangan antarmuka pengguna.

#### **4.2.1 Akuisisi pengetahuan**

Akuisisi pengetahuan digunakan untuk memperoleh pengetahuan dari berbagai sumber. Pengetahuan yang digunakan sebagai sumber akuisisi pengetahuan pada penelitian ini didapat dari buku, internet, observasi dan pengetahuan dari seorang pakar. Dalam pengetahuan pada penelitian ini, menggunakan metode wawancara seperti yang dijelaskan sebagai berikut.

Pada penelitian ini wawancara dilakukan dengan seorang pakar untuk mendapatkan informasi tentang penyakit bawang merah yang meliputi jenis penyakit bawang merah beserta gejala-gejalanya dari jenis penyakit tersebut. Sebelum melakukan wawancara, data telah dikumpulkan peneliti untuk kemudian dikonsultasikan dengan pakar. Metode ini menghemat waktu baik disisi penulis maupun dari sisi pakar. Data didapatkan dari ilmu seorang pakar yang kemudian dikoreksi pakar pada saat wawancara apakah ada jenis atau gejala penyakit bawang merah baru yang perlu ditambahkan atau dikurangi. Narasumber atau pakar dalam penelitian ini adalah seorang dokter umum yaitu Prof. (R). Dr. Moh. Cholil Mahfud dari UPTD Singosari.

#### **4.2.2 Basis pengetahuan**

Basis pengetahuan merupakan inti dari pembuatan suatu sistem pakar yaitu representasi pengetahuan dari seorang pakar. Basis pengetahuan adalah

sekumpulan informasi pengetahuan tentang aturan yang diperlukan sistem pakar dalam memahami serta memecahkan permasalahan dalam domain masalah tertentu. Terdapat dua elemen dasar dalam basis pengetahuan yaitu fakta dan aturan khusus yang bertujuan untuk membantu user dalam menyelesaikan masalah pada domain tertentu dengan cara memberikan saran pengendalian.

Penalaran dilakukan berdasarkan basis pengetahuan yang ada, memanipulasi serta mengarahkan sesuai dengan kaidah, model dan fakta yang disimpan hingga mencapai suatu kesimpulan akhir.

Berikut beberapa tabel pendukung, kode dan aturan data dalam penelitian ini. Pada tabel 4.1 menjelaskan tentang data penyakit bawang merah dan tabel 4.2 menjelaskan tentang data gejala pada tanaman bawang merah.

**Tabel 4.1 Kode Penyakit**

P01	: Ulat Bawang
P02	: Lalat Bawang
P03	: Penyakit Moler
P04	: Penyakit Trotol
P05	: Penyakit Antraknosa

**Tabel 4.2 Kode Gejala**

G1	: Daun menguning dan terpelintir
G2	: Timbul bercak kecil dan pusat berwarna ungu
G3	: Ujung daun mongering bahkan daun dapat patah
G4	: Terbentuk lekukan ke dalam, berlubang dan patah
G5	: Daging daun habis dan menjadi transparan
G6	: Ulat memakan daun bagian dalam
G7	: Adanya lubang-lubang pada daun mulai dari tepi daun permukaan atas atau bawah
G8	: Daun mongering akibat korokan larva
G9	: Hampir seluruh helaian daun penuh kerokan
G10	: Umbi dihasilkan berukuran sangat kecil
G11	: Umbi membusuk, berwarna kuning lalu merah kecoklatan
G12	: Pembusukan berawal dari dasar umbi meluas ke atas dan ke samping

Tabel 4.2 Kode Gejala (lanjutan)

G13	: Menyerang tanaman 15 HST menjelang panen
G14	: Bintik-bintik putih berupak liang korokan larva yang berkelok-kelok
G15	: Tanaman yang terinfeksi akan mati dengan cepat, mendadak, dan serentak
G16	: Mudah tercabut karena pertumbuhan akar terganggu dan membusuk
G17	: Tanaman kurus kekuningan dan busuk bagian pangkal
G18	: Bercak tidak beraturan
G19	: Bercak/pustul hitam
G20	: Daun tanaman layu tiba-tiba
G21	: Bercak bulat bercincin/melingkar
G22	: Daun berwarna coklat seperti terbakar dan masuk ke dalam umbi bawang
G23	: Bercak putih pada daun

Dari ke lima data penyakit yang telah diperoleh akan dilakukan proses penghitungan bobot pada setiap gejalanya. Tabel 4.3 menjelaskan tentang data penyakit ulat bawang beserta gejala yang muncul. Pada tabel 4.4 menjelaskan tentang bobot gejala yang diperoleh dari seorang pakar yang diambil dari empat sampel bawang merah yang terserang penyakit ulat bawang. Tabel 4.5 menjelaskan proses hitung bobot gejala ulat bawang menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* dengan persamaan (2.2).

Tabel 4.3 Data Penyakit Ulat Bawang

Sampel Penyakit Ulat bawang 1	
G5	Daging daun habis dan menjadi transparan
G8	Daun mengering akibat kerokan larva
G12	Pembusukan berawal dari dasar umbi meluas ke atas dan ke samping
G13	Menyerang tanaman 15HST menjelang panen
Sampel Penyakit Ulat bawang 2	
G22	Daun berwarna coklat seperti terbakar dan masuk kedalam umbi bawang
G23	Bercak berwarna putih pada daun

**Tabel 4.3 Data Penyakit Ulat Bawang (lanjutan)**

<b>Sampel Penyakit Ulat Bawang 3</b>	
G10	Umbi dihasilkan berukuran sangat kecil
G11	Umbi membusuk, berwarna kuning lalu merah kecoklatan
<b>Sampel Penyakit Ulat Bawang 4</b>	
G11	Umbi membusuk, berwarna kuning lalu merah kecoklatan
G12	Pembusukan berawal dari dasar umbi meluas ke atas dan ke samping
G13	Menyerang tanaman 15HST menjelang panen

**Tabel 4.4 Bobot Gejala**

<b>Ulat bawang 1</b>			
<b>G5</b>	<b>G8</b>	<b>G12</b>	<b>G13</b>
0,3	0,5	0,85	0,65
<b>Ulat bawang 2</b>			
<b>G10</b>		<b>G11</b>	
0,65		0,75	
<b>Ulat bawang 3</b>			
<b>G22</b>		<b>G23</b>	
0,82		0,35	
<b>Ulat bawang 4</b>			
<b>G12</b>		<b>G13</b>	
0,65		0,75	

**Tabel 4.5 Hitung Bobot**

<b>Ulat bawang 1</b>											
<b>G5</b>	<b>G8</b>	<b>G12</b>	<b>G13</b>		<b>G5</b>	<b>G8</b>	<b>G12</b>	<b>G13</b>	<b><math>\alpha_1</math></b>	<b>Nilai z</b>	
0,3	0,5	0,85	0,65		0,5	0,5	0,75	0,25	0,25	1	
<b>Ulat bawang 2</b>											
<b>G10</b>			<b>G11</b>			<b>G10</b>		<b>G11</b>		<b><math>\alpha_2</math></b>	<b>Nilai z</b>
0,65			0,75			0,25		0,25		0,25	1



**Tabel 4.5 Hitung Bobot (lanjutan)**

Ulat bawang 3						
G22	G23		G22	G23	$\alpha_3$	Nilai z
0,82	0,35		0,9	0,25	0,25	1
Ulat bawang 4						
G12	G13		G12	G13	$\alpha_4$	Nilai z
0,65	0,75		0,25	0,25	0,25	1

Selanjutnya untuk penyakit lalat bawang dapat dilihat pada tabel 4.6 menjelaskan tentang data penyakit lalat bawang beserta gejala yang muncul. Pada tabel 4.7 menjelaskan tentang bobot gejala yang diperoleh dari seorang pakar yang diambil dari dua sampel bawang merah yang terserang penyakit lalat bawang. Tabel 4.8 menjelaskan proses hitung bobot gejala lalat bawang menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* dengan persamaan (2.2).

**Tabel 4.6 Data Penyakit Lalat Bawang**

Sampel Penyakit Lalat bawang 1	
G7	Adanya lubang-lubang pada daun mulai dari tepi daun permukaan atas atau bawah
G8	Daun mengering akibat kerokan larva
Sampel Penyakit Lalat bawang 2	
G6	Ulat memakan daun bagian dalam
G8	Daun mengering akibat kerokan larva
G9	Hampir seluruh helaian daun penuh kerokan
G11	Umbi membusuk, berwarna kuning lalu merah kecoklatan
G6	Ulat memakan daun bagian dalam
G8	Daun mengering akibat kerokan larva

**Tabel 4.7 Bobot Gejala**

Lalat bawang 1	
G7	G8
0,5	0,85



**Tabel 4.7 Bobot Gejala (lanjutan)**

Lalat bawang 2			
G6	G8	G9	G11
0,45	0,85	0,45	0,62

**Tabel 4.8 Hitung Bobot**

Lalat bawang 1										
G7	G8		G7	G8	$\alpha_1$	Nilai z				
0,5	0,85		0,5	0,75	0,5	0,5				
Lalat bawang 2										
G6	G8	G9	G11		G6	G8	G9	G11	$\alpha_2$	Nilai z
0,45	0,85	0,45	0,62		0,75	0,75	0,75	0,9	0,75	0,5

Selanjutnya untuk penyakit moler dapat dilihat pada tabel 4.9 menjelaskan tentang data penyakit moler beserta gejala yang muncul. Pada tabel 4.10 menjelaskan tentang bobot gejala yang diperoleh dari seorang pakar yang diambil dari delapan sampel bawang merah yang terserang penyakit moler. Tabel 4.11 menjelaskan proses hitung bobot gejala moler menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* dengan persamaan (2.2).

**Tabel 4.9 Moler**

Sampel Penyakit Moler 1	
G1	Daun menguning dan terpelintir
G2	Timbul bercak kecil dan pusat berwarna ungu
G3	Ujung daun mengering bahkan daun dapat patah
G7	Adanya lubang-lubang pada daun mulai dari tepi daun permukaan atas atau bawah
G9	Hampir seluruh helaian daun penuh kerokan
Sampel Penyakit Moler 2	
G2	Timbul bercak kecil dan pusat berwarna ungu
G4	Terbentuk lekukan ke dalam, berlubang, dan patah
G5	Daging daun habis dan menjadi transparan



Tabel 4.9 Moler (lanjutan)

G10	Umbi dihasilkan berukuran sangat kecil
G12	Pembusukan berawal dari dasar umbi meluas ke atas dan ke samping
<b>Sampel Penyakit Moler 3</b>	
G1	Daun menguning dan terpelintir
G4	Terbentuk lekukan ke dalam, berlubang, dan patah
G7	Adanya lubang-lubang pada daun mulai dari tepi daun permukaan atas atau bawah
G13	Menyerang tanaman 15HST menjelang panen
<b>Sampel Penyakit Moler 4</b>	
G11	Umbi membusuk, berwarna kuning lalu merah kecoklatan
G12	Pembusukan berawal dari dasar umbi meluas ke atas dan ke samping
<b>Sampel Penyakit Moler 5</b>	
G10	Umbi dihasilkan berukuran sangat kecil
G14	Bintik-bintik putih berupa liang kerokan larva yang berkelok-kelok
G15	Tanaman yang terinfeksi akan mati dengan cepat, mendadak, dan serentak
G16	Mudah tercabut karena pertumbuhan akar terganggu dan membusuk
<b>Sampel Penyakit Moler 6</b>	
G14	Bintik-bintik putih berupa liang kerokan larva yang berkelok-kelok
G15	Tanaman yang terinfeksi akan mati dengan cepat, mendadak, dan serentak
G16	Mudah tercabut karena pertumbuhan akar terganggu dan membusuk
<b>Sampel Penyakit Moler 7</b>	
G1	Daun menguning dan terpelintir
G2	Timbul bercak kecil dan pusat berwarna ungu
G3	Ujung daun mengering bahkan daun dapat patah
G4	Terbentuk lekukan ke dalam, berlubang, dan patah

**Tabel 4.9 Moler (lanjutan)**

<b>Sampel Penyakit Moler 8</b>	
G2	Timbul bercak kecil dan pusat berwarna ungu
G4	Terbentuk lekukan ke dalam, berlubang, dan patah
G6	Ulat memakan daun bagian dalam

**Tabel 4.10 Bobot Gejala**

<b>Moler 1</b>				
<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G7</b>	<b>G9</b>
0,85	0,65	0,35	0,55	0,3
<b>Moler 2</b>				
<b>G2</b>	<b>G4</b>	<b>G5</b>	<b>G10</b>	<b>G12</b>
0,3	0,45	0,35	0,28	0,75
<b>Moler 3</b>				
<b>G1</b>	<b>G4</b>	<b>G7</b>	<b>G13</b>	-
0,85	0,61	0,41	0,63	-
<b>Moler 4</b>				
<b>G11</b>	<b>G12</b>	-	-	-
0,35	0,65	-	-	-
<b>Moler 5</b>				
<b>G10</b>	<b>G14</b>	<b>G15</b>	<b>G16</b>	-
0,3	0,6	0,5	0,65	-
<b>Moler 6</b>				
<b>G14</b>	<b>G15</b>	<b>G16</b>	-	-
0,3	0,43	0,65	-	-
<b>Moler 7</b>				
<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G4</b>	-
0,82	0,55	0,35	0,45	-



Tabel 4.10 Bobot Gejala (lanjutan)

Moler 8			
G2	G4	G6	-
0,55	0,33	0,67	-

Tabel 4.11 Hitung Bobot

Moler 1												
G1	G2	G3	G7	G9		G1	G2	G3	G7	G9	$\alpha_1$	Nilai z
0,85	0,65	0,35	0,55	0,3		0,75	0,75	0,25	0,25	0,5	0,25	0,5
Moler 2												
G2	G4	G5	G10	G12		G2	G4	G5	G10	G12	$\alpha_2$	Nilai z
0,3	0,45	0,35	0,28	0,75		0,5	0,75	0,25	0,6	0,25	0,25	1
Moler 3												
G1	G4	G7	G13	-		G1	G4	G7	G13	-	$\alpha_3$	Nilai z
0,85	0,61	0,41	0,63	-		0,75	0,95	0,95	0,85	-	0,75	0,5
Moler 4												
G11	G12	-	-	-		G11	G12	-	-	-	$\alpha_4$	Nilai z
0,35	0,65	-	-	-		0,25	0,75	-	-	-	0,25	1
Moler 5												
G10	G14	G15	G16	-		G10	G14	G15	G16	-	$\alpha_5$	Nilai z
0,3	0,6	0,5	0,65	-		0,5	1	0,5	0,75	-	0,5	0,5
Moler 6												
G14	G15	G16	-	-		G14	G15	G16	-	-	$\alpha_6$	Nilai z
0,3	0,43	0,65	-	-		0,5	0,85	0,75	-	-	0,5	0,5
Moler 7												
G1	G2	G3	G4	-		G1	G2	G3	G4	-	$\alpha_7$	Nilai z
0,82	0,55	0,35	0,45	-		0,9	0,25	0,25	0,75	-	0,25	1
Moler 8												
G2	G4	G6	-	-		G2	G4	G6	-	-	$\alpha_8$	Nilai z
0,55	0,33	0,67	-	-		0,25	0,35	0,65	-	-	0,25	1



Selanjutnya untuk penyakit trotol dapat dilihat pada tabel 4.12 menjelaskan tentang data penyakit trotol beserta gejala yang muncul. Pada tabel 4.13 menjelaskan tentang bobot gejala yang diperoleh dari seorang pakar yang diambil dari delapan sampel bawang merah yang terserang penyakit trotol. Tabel 4.14 menjelaskan proses hitung bobot gejala trotol menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* dengan persamaan (2.2).

**Tabel 4.12 Trotol**

<b>Sampel Penyakit Trotol 1</b>	
G3	Ujung daun mengering bahkan daun dapat patah
G5	Daging daun habis dan menjadi transparan
G6	Ulat memakan daun bagian dalam
G9	Hampir seluruh helaian daun penuh kerokan
<b>Sampel Penyakit Trotol 2</b>	
G17	Tanaman kurus kekuningan dan membusuk bagian pangkal
G18	Bercak tidak beraturan
G19	Bercak / pustul hitam
<b>Sampel Penyakit Trotol 3</b>	
G2	Timbul bercak kecil dan pusat berwarna ungu
G3	Ujung daun mengering bahkan daun dapat patah
G4	Terbentuk lekukan ke dalam, berlubang, dan patah

**Tabel 4.13 Bobot Gejala**

<b>Trotol 1</b>			
<b>G3</b>	<b>G5</b>	<b>G6</b>	<b>G9</b>
0,55	0,5	0,56	0,8
<b>Trotol 2</b>			
<b>G17</b>	<b>G18</b>	<b>G19</b>	
0,35	0,82	0,65	-
<b>Trotol 3</b>			
<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G4</b>	
0,75	0,55	0,43	-



Tabel 4.14 Hitung Bobot

Trotol 1										
G3	G5	G6	G9		G3	G5	G6	G9	$\alpha 1$	Nilai z
0,55	0,5	0,56	0,8		0,25	0,5	0,2	0,1	0,2	1
Trotol 2										
G17	G18	G19	-		G17	G18	G19	-	$\alpha 2$	Nilai z
0,35	0,82	0,65	-		0,25	0,9	0,75	-	0,25	1
Trotol 3										
G2	G3	G4	-		G2	G3	G4	-	$\alpha 3$	Nilai z
0,75	0,55	0,43	-		0,25	0,25	0,85	-	0,25	1

Selanjutnya untuk penyakit antraknose dapat dilihat pada tabel 4.15 menjelaskan tentang data penyakit antraknose beserta gejala yang muncul. Pada tabel 4.16 menjelaskan tentang bobot gejala yang diperoleh dari seorang pakar yang diambil dari delapan sampel bawang merah yang terserang penyakit antraknose. Tabel 4.17 menjelaskan proses hitung bobot gejala antraknose menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* dengan persamaan (2.2).

Tabel 4.15 Antraknose

Sampel Penyakit Antraknose 1	
G3	Ujung daun mengering bahkan daun dapat patah
G4	Terbentuk lekukan ke dalam, berlubang, dan patah
G7	Adanya lubang-lubang pada daun mulai dari tepi daun permukaan atas atau bawah
G11	Umbi membusuk, berwarna kuning lalu merah kecoklatan
Sampel Penyakit Antraknose 2	
G3	Ujung daun mengering bahkan daun dapat patah
G19	Bercak / pustul hitam

Tabel 4.15 Antraknose (lanjutan)

Sampel Penyakit Trotol 3	
G19	Bercak / pustul hitam
G23	Bercak berwarna putih pada daun

Tabel 4.16 Bobot Gejala

Antraknose 1			
G3	G4	G7	G11
0,65	0,82	0,35	0,3
Antraknose I 2			
G3	G19	-	-
0,75	0,65	-	-
Antraknose 3			
G19	G23	-	-
0,35	0,75	-	-

Tabel 4.17 Hitung Bobot

Antraknose 1										
G3	G4	G7	G11		G3	G4	G7	G11	$\alpha_1$	Nilai z
0,65	0,82	0,35	0,3		0,75	0,9	0,25	0,5	0,25	1
Antraknose 2										
G3	G19	-	-		G3	G19	-	-	$\alpha_2$	Nilai z
0,75	0,65	-	-		0,25	0,75	-	-	0,25	1
Antraknose 3										
G19	G23	-	-		G19	G23	-	-	$\alpha_3$	Nilai z
0,35	0,75	-	-		0,25	0,25	-	-	0,25	1

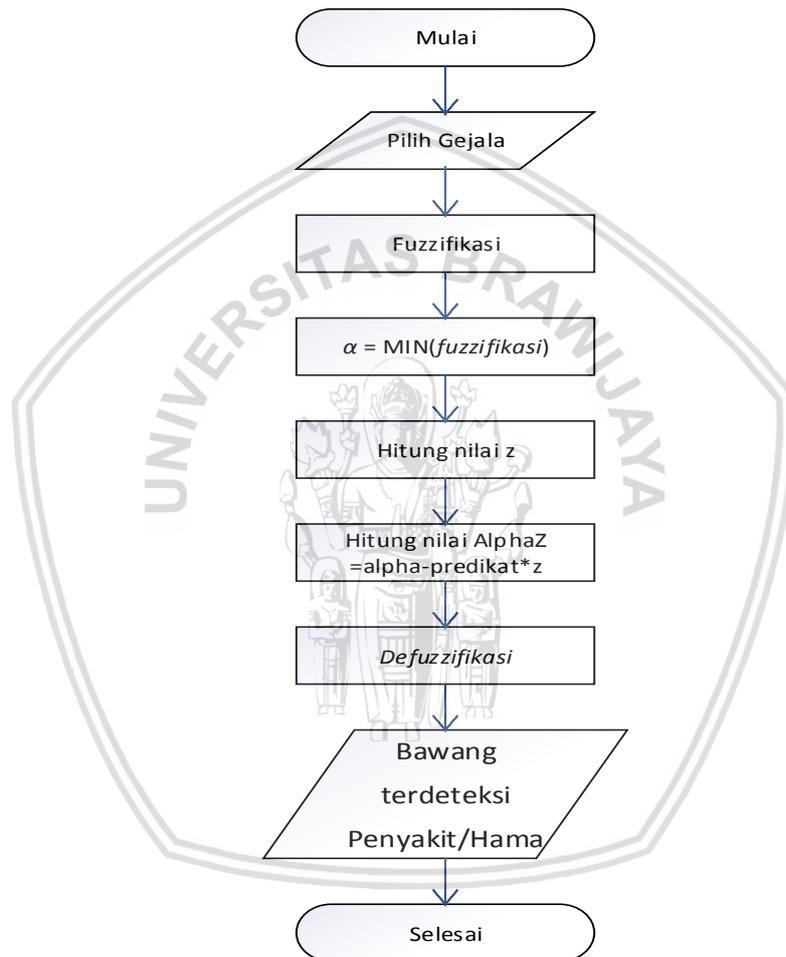
### 4.3 Mesin Inferensi

Pada penelitian ini sistem identifikasi penyakit bawang merah menggunakan metode *Forward Chaining*. Basis pengetahuan yang telah diperoleh menjadi acuan pada penalaran *Forward Chaining*. Penalaran *Forward Chaining* dimulai dari mengumpulkan fakta yang ada hingga dicapai suatu kesimpulan. Kesimpulan yang



merupakan hasil dari penalaran berupa identifikasi terdeteksi atau tidaknya suatu penyakit bawang merah yang dimasukkan pengguna.

Perhitungan pada Algoritma *Fuzzy Tsukamoto* terdiri dari lima proses utama, yaitu melakukan *fuzzifikasi* atau mengubah nilai tegas menjadi nilai *fuzzy*, menentukan *alpha-predikat* untuk setiap *Rule* sekaligus menghitung sigma dari *alpha-predikat* dikali dengan *z* sekaligus menghitung sigma dari *alpha-predikat* dikali *z* dan yang terakhir adalah melakukan *defuzzifikasi* atau mengubah nilai *fuzzy* menjadi nilai tegas atau *crisp*. Diagram alir metode *Fuzzy Tsukamoto* digambarkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Diagram Alir Fuzzy

### 4.3.1 Perhitungan Manual

Perhitungan manual berfungsi untuk memberikan gambaran secara umum tentang perancangan sistem yang dibangun serta memudahkan proses pengembangan sistem. Perhitungan manual juga menjadi acuan dalam pengembangan sistem untuk mencocokkan hasil perhitungan sistem apakah sudah sesuai dengan perhitungan manual yang dibuat. Contoh langkah-langkah dalam



perhitungan manual menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* dapat dilihat pada tabel 4.18.

**Tabel 4.18 Contoh Kasus Gejala Penyakit bawang merah**

Gejala	Nilai Masukan
Ulat Spodoptera exigua berukuran panjang sampai +25 mm, berwarna hijau atau coklat dengan garis tengah berwarna kuning.	1
Daging daun habis dan menjadi transparan.	0,6
Ulat menyerang tanaman dengan memakan daun bagian dalam.	0,5

Langkah-langkah metode *Fuzzy Tsukamoto*:

Menentukan *Rule*. *Rule* yang digunakan adalah *Rule* untuk penyakit ulat daun. Fuzzifikasi merupakan tahapan untuk menentukan fungsi keanggotaan dari gejala yang dimasukkan.

Untuk menghitung derajat keanggotaan rendah:

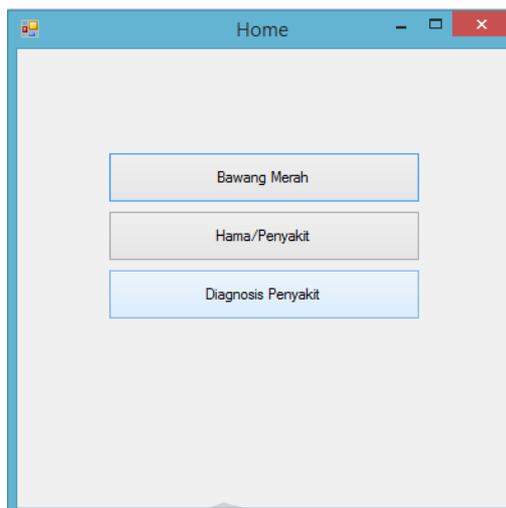
Jika nilai masukan lebih rendah dari batas bawah maka nilai derajat keanggotaan rendah = 1, jika nilai masukan lebih besar dari batas atas maka nilai derajat keanggotaan rendah = 0, jika masukan diantara batas bawah dan batas atas maka nilai =  $(\text{masukan} - \text{batas atas}) / (\text{batas atas} - \text{batas bawah})$ .

### 4.3.2 Antarmuka Pengguna

Antarmuka harus dibangun dengan tampilan yang mudah dimengerti oleh pengguna agar pengguna mampu memahami sistem dengan mudah. Rancangan antarmuka pada aplikasi sistem pakar identifikasi penyakit bawang merah akan dijelaskan sebagai berikut.

### 4.3.3 Halaman Beranda

Pada gambar 4.3 adalah rancangan antarmuka halaman beranda dari sistem. Halaman beranda merupakan halaman awal dari sistem pakar identifikasi penyakit bawang merah. Terdapat *navigation drawer* yang berisi menu identifikasi penyakit hati. Daftar penyakit hati, dan tentang.

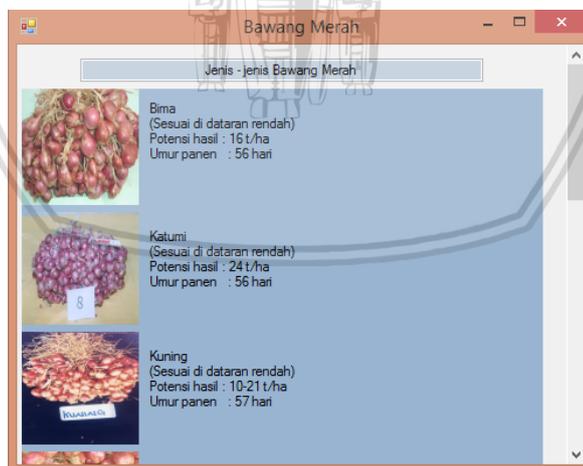


Gambar 4.3 Halaman Beranda

**Keterangan:**

1. Menu Bawang Merah untuk mengakses jenis-jenis bawang merah.
2. Menu Hama/Penyakit untuk informasi tentang penyakit/hama pada tanaman bawang merah.
3. Menu Diagnosis untuk mendeteksi penyakit berdasarkan gejala-gejala yang ada.

Saat *user* memilih *menu* bawang merah, maka akan muncul tampilan pada Gambar 4.4. Pada *menu* ini *user* dapat melihat jenis-jenis tanaman bawang merah.

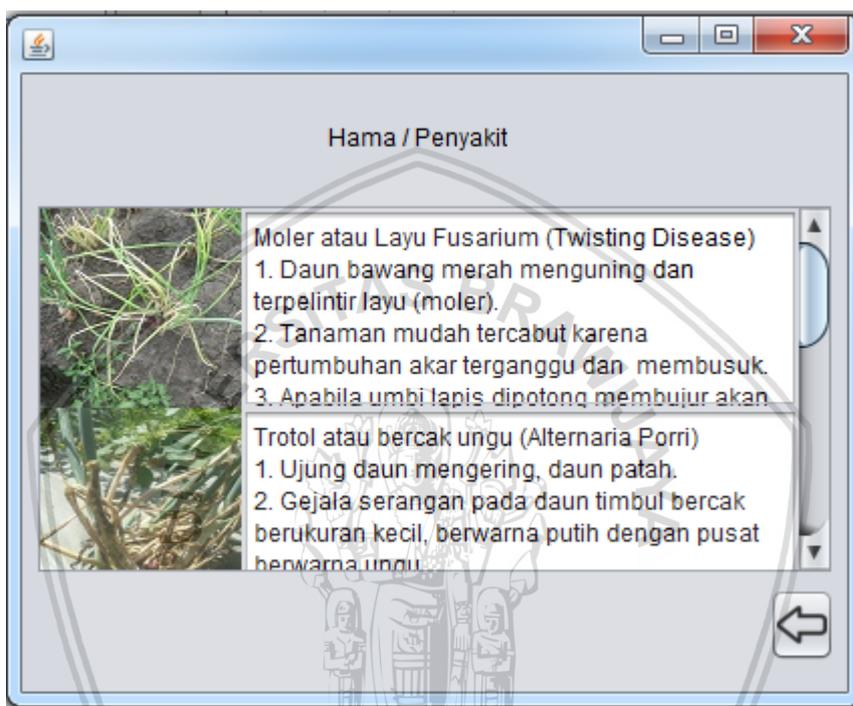


Gambar 4.4 Halaman Bawang merah

**Keterangan:**

Setelah memilih menu Bawang merah akan tampil informasi seperti pada gambar tersebut. Informasi ini sangat berguna bagi para petani untuk menentukan jenis bawang merah apa yang cocok untuk di tanam dalam kondisi tertentu.

Pada *menu home* terdapat pilihan hama/penyakit, disana *user* dapat melihat gambar penyakit beserta gejala-gejala umum yang menyerang pada tanaman bawang merah. Tampilan pada *menu* ini dapat dilihat pada Gambar 4.5.

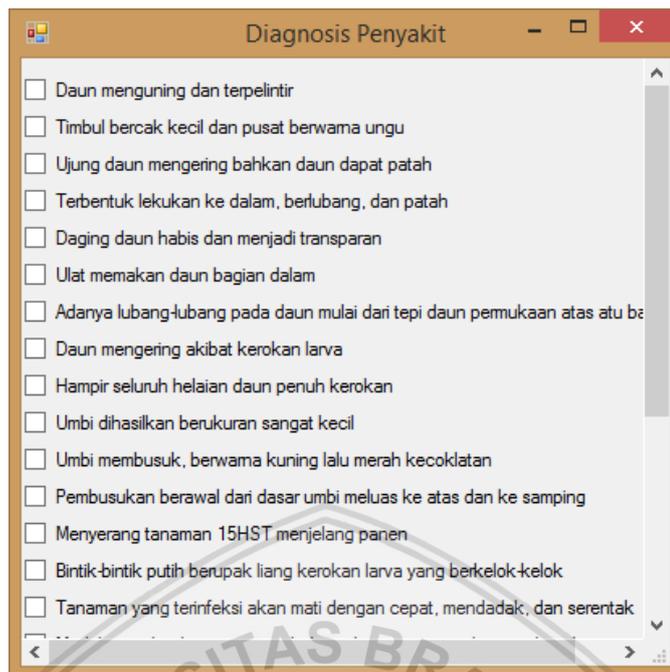


**Gambar 4.5 Halaman Hama/Penyakit**

**Keterangan:**

Setelah memilih menu Hama/Penyakit akan tampil informasi seperti pada gambar tersebut. Informasi ini sangat berguna bagi para petani untuk mengetahui seperti apa Hama/Penyakit yang menyerang.

Menu terakhir adalah *menu* untuk diagnosis penyakit tanaman bawang merah. Pada *menu* ini *user* diminta untuk memilih gejala-gejala yang menyerang pada tanaman bawang merah dan juga bobot nilai dari gejala yang menyerang. Tampilan pada *menu* ini dapat dilihat pada Gambar 4.6



**Gambar 4.6**Halaman Diagnosis Penyakit

**Keterangan:**

Setelah memilih *menu* Diagnosis Penyakit akan tampil informasi seperti pada gambar tersebut. Pengguna dapat memilih gejala-gejala yang terjadi pada tanaman bawangnya sehingga terdeteksi penyakit apa yang menyerang tanamannya.

## BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dilakukan pembahasan implementasi pengkodean program untuk Algoritma Fuzzy Tsukamoto untuk melakukan diagnosis penyakit dan hama pada tanaman bawang merah dan pengujian. Implementasi algoritma Fuzzy Tsukamoto didasarkan pada perhitungan manual.

### 5.1 Spesifikasi *Software* dan *Hardware*

Spesifikasi *software* dan *hardware* ini menjelaskan rincian penggunaan *software* dan *hardware* dalam pembuatan sistem berdasarkan perancangan yang terdapat pada bab 3 sebelumnya. Berikut spesifikasi *software* dan *hardware* untuk sistem diagnosis penyakit dan hama pada tanaman bawang merah menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*

#### 5.1.1 Spesifikasi *Software*

Pengembangan sistem pakar pendeteksi hama dan penyakit tanaman bawang merah dengan metode *fuzzy tsukamoto* menggunakan beberapa *software* dipaparkan pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Spesifikasi *Software*

Nama Software	Spesifikasi
Sistem Operasi	Windows 8 64-bit
Bahasa Pemrograman	Visual Studio 2013
<i>Tools</i> Pemrograman	C#

#### 5.1.2 Spesifikasi *Hardware*

Pengembangan sistem pakar pendeteksi hama dan penyakit tanaman bawang merah dengan metode *fuzzy tsukamoto* menggunakan sebuah *Personal Computer* (PC) dengan spesifikasi dijelaskan pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Spesifikasi *Hardware*

Nama Komponen	Spesifikasi
<i>System Model</i>	ASUS E202S
<i>Processor</i>	Intel(R) Celeron(R) CPU B800 @ 1.50GHz
<i>Memory</i>	2.00 GB
<i>Display</i>	Intel(R) HD Graphics
<i>Harddisk</i>	500 GB

## 5.2 Kode Program

Pada sub-bab ini akan dilakukan implementasi dari deteksi penyakit berdasarkan gejala-gejala yang *diinputkan* dapat dilihat pada Kode Program 5.1. Pada *source code* tersebut dapat dijelaskan bahwa diagnosis penyakit sesuai dengan data yang didapat.

```

1 public double[][] fuzzifikasi(double[] bobot, boolean[]
2 gejala) {
3     String penyakit = "";
4     for (int i = 0; i < gejala.length; i++) {
5         if ((gejala[4] && gejala[7] && gejala[11] &&
6 gejala[12])
7             || (gejala[9] && gejala[10]) ||
8 (gejala[21] && gejala[22])
9             || (gejala[10] && gejala[11] &&
10 gejala[12])) {
11             penyakit = "Ulat bawang";
12         } else if ((gejala[7] && gejala[8]) ||
13 (gejala[6] && gejala[8] && gejala[9] && gejala[11])) {
14             penyakit = "Lalat penggorok";
15         } if ((gejala[0] && gejala[1] && gejala[2] &&
16 gejala[6] && gejala[8])
17             || (gejala[1] && gejala[3] && gejala[4]
18 && gejala[9] && gejala[11])
19             || (gejala[10] && gejala[11]) ||
20 (gejala[13] && gejala[14] && gejala[15])
21             || (gejala[9] && gejala[13] &&
22 gejala[14] && gejala[15])
23             || (gejala[0] && gejala[3] && gejala[6]
24 && gejala[12])
25             || (gejala[0] && gejala[1] && gejala[2]
26 && gejala[3])
27             || (gejala[1] && gejala[3] &&
28 gejala[5])) {
29             penyakit = "Moler";
30         } else if ((gejala[2] && gejala[4] && gejala[5]
31 && gejala[8])
32             || (gejala[1] && gejala[2] && gejala[3])
33             || (gejala[16] && gejala[17] &&
34 gejala[18])) {
35             penyakit = "trotol";
36         } else {
37             penyakit = "antraknose";
38         }
39     }
40     double m_sk = 0;
41     double m_k = 0;
42     double m_s = 0;
43     double m_b = 0;
44     double m_sb = 0;

```

**Kode Program 5.1 Implementasi Algoritme *Class Fuzzy***

Bobot gejala penyakit yang didapat harus di klasifikasikan sesuai besar kecilnya bobot yang akan *diinputkan* oleh *user*. Klasifikasi bobot pada sistem dapat dilihat pada Kode Program 5.2. Pada *source code* tersebut dapat diartikan bahwa bobot yang akan dihitung telah ditentukan kelas-kelasnya.

```
1 for (int i = 0; i < gejala.length; i++) {
2     if (gejala[i]) {
3         indeks.add(i);
4     }
5 }
6
7 int[] indeksArr = new int[indeks.size()];
8
9 for (int i = 0; i < indeks.size(); i++) {
10     indeksArr[i] = indeks.get(i);
11 }
12
13 double[][] m = new double[indeks.size()][5];
14 int id = 0;
15
16 for (int i = 0; i < bobot.length; i++) {
17     if (isExist(i, indeksArr)) {
18         if (bobot[i] <= 0.2) {
19             m_sk = 1;
20             m_k = 0;
21         } else if (bobot[i] <= 0.4) {
22             m_sk = (0.4 - bobot[i]) / 0.2;
23             m_k = bobot[i] == 0.4 ? 0 : (bobot[i] -
24 0.4) / 0.2;
25             m_s = 0;
26         } else if (bobot[i] <= 0.6) {
27             m_sk = 0;
28             m_k = (0.6 - bobot[i]) / 0.2;
29             m_s = bobot[i] == 0.6 ? 1 : 0;
30             m_b = 0;
31         } else if (bobot[i] <= 0.8) {
32             m_k = 0;
33             m_s = (0.8 - bobot[i]) / 0.2;
34             m_b = bobot[i] == 0.8 ? 1 : 0;
35         } else if (bobot[i] <= 1) {
36             m_s = 0;
37             m_b = (1 - bobot[i]) / 0.2;
38             m_sb = (bobot[i] - 1) / 0.2;
39         } else {
40             m_b = 0;
41             m_sb = 1;
42         }
43
44         m[id][0] = m_sk;
45         m[id][1] = m_k;
46         m[id][2] = m_s;
47         m[id][3] = m_b;
48         m[id][4] = m_sb;
49
50         id++;
51     }
52 }
53 return m;
54 }
```

**Kode Program 5.2 Implementasi Algoritme Klasifikasi Bobot**

Proses setelah *input* bobot adalah proses penghitungan nilai bobot dan penghitungan nilai alpha. *Source code* untuk penghitungan nilai alpha telah di representasikan pada Kode Program 5.3

```

1   public double[] inferensi(double[][] m) {
2       double[] min = new double[23];
3       for (int i = 0; i < 23; i++) {
4           double alpha = m[i][0];
5           for (int j = 1; j < 5; j++) {
6               if (m[i][j] < alpha) {
7                   alpha = m[i][j];
8               }
9               min[i] = alpha;
10          }
11      }
12
13      /*double m_pb = 0;
14      double m_psb = 0;
15
16      if (alpha <= 0.25) {
17          m_pb = 0;
18      } else if (alpha < 0.75) {
19          m_pb = (0.75 - alpha) / 0.5;
20          m_psb = 0;
21      } else if (alpha < 1) {
22          m_pb = 0;
23          m_psb = (1 - alpha) / 0.5;
24      } else {
25          m_psb = 1;
26      }
27      */
28      return min;
29  }
30
31  public boolean isExist(int d, int[] data) {
32      int exists = 0;
33      for (int i = 0; i < data.length; i++) {
34          if (data[i] == d) {
35              exists++;
36          }
37      }
38
39      if (exists > 0) {
40          return true;
41      } else {
42          return false;
43      }
44  }
45  }

```

### Kode Program 5.3 Implementasi Algoritme Inferensi

Setelah semua bobot telah dihitung akan dilakukan proses inferensi. *Source code* inferensi pada sistem ini dapat dilihat pada Kode Program 5.4.

```
1  if (m.length < 5) {
2      this.m = inputFix(m);
3  } else {
4      this.m = m;
5  }
6
7      for (int i = 0; i < gejala.length; i++) {
8          if (gejala[4] && gejala[7] && gejala[11] &&
9  gejala[12]) {
10             penyakit = "Ulat bawang";
11
12             double[] minArr = {this.m[0][0],
13 this.m[1][1], this.m[2][3], this.m[3][2], this.m[4][0]};
14
15             double min = minArr[0];
16             for (int j = 1; j < 5; j++) {
17                 if (minArr[j] < min) {
18                     min = minArr[j];
19                 }
20                 //alpha[j] = min;
21                 alpha = min;
22             }
23
24             } else if (gejala[9] && gejala[10]) {
25                 penyakit = "Ulat bawang";
26
27                 double[] minArr = {this.m[0][3],
28 this.m[1][0], this.m[2][0], this.m[3][0], this.m[4][0]};
29
30                 double min = minArr[0];
31                 for (int j = 1; j < 5; j++) {
32                     if (minArr[j] < min) {
33                         min = minArr[j];
34                     }
35                     //alpha[j] = min;
36                     alpha = min;
37             }
```

**Kode Program 5.4 Implementasi Algoritme Inferensi**

### 5.3 Pengujian Akurasi

Analisis pengujian akurasi sistem dilaksanakan sebagaimana untuk mengukur tingkat keakuratan dari sistem diagnosis penyakit pada bawang merah menggunakan metode *Forward Chaining* yang mana pada pengujian akurasi ini menggunakan 15 data uji yang diambil pada saat pelaksanaan pengumpulan data. Hasil dari pada pengujian sistem ini direpresentasikan ke dalam bentuk Tabel 5.3.

Table 5.1 Hasil Pengujian

Pengujian	Input																						Deteksi			
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	Pakar	Sistem	
1					√			√				√	√												Ulat Bawang	Ulat Bawang
2							√		√	√		√													Lalat Penggorok	Lalat Penggorok
3	√			√			√						√												Moler	Moler
4			√		√	√			√																Trotol	Trotol
5			√	√			√				√														Antraknose	Antraknose
6										√				√	√	√									Moler	Moler
7										√	√	√	√												Ulat Bawang	Ulat Bawang
8	√	√	√				√		√																Moler	Moler
9	√	√	√	√																					Moler	Moler
10		√		√	√					√		√													Moler	Moler
11			√	√	√			√																	Moler	Antraknose
12							√	√	√	√															Ulat Bawang	Ulat Bawang
13				√		√													√				√	Lalat Penggorok	Antraknose	
14					√	√					√	√													Lalat Penggorok	Moler
15							√	√			√	√													Lalat Penggorok	Lalat Penggorok

## 5.4 Analisis Hasil Pengujian Akurasi

Dari tahap hasil pengujian akurasi yang telah direpresentasikan pada Tabel 5.3 yang mana pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan 15 data uji yang didapat pada saat pelaksanaan pengumpulan data, lalu keluaran hasil dari sistem menggunakan penerapan metode *Forward Chaining* dilakukan perbandingan hasil dengan hasil diagnosis dari pihak UPTD pembibitan dan hijauan makanan ternak kec. Singosari Malang. Dari 15 data uji terdapat 12 data yang benar dan 3 data yang tidak benar yang mana terdapat pada skenario pengujian nomer 11, 13 dan 14. Ketidaktepatan sistem ini karena dipengaruhi dominasi gejala penyakit yang mana memiliki beberapa gejala umum yang sama sehingga akurasi dari sistem ini dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.2) yang telah dijelaskan sebelumnya.

$$\text{tingkat akurasi} = \frac{12}{15} \times 100\% = 80\%$$

$$\text{error} = 100\% - 80\% = 20\%$$

Hasil perhitungan akurasi dari sistem diagnosis penyakit bawang merah menggunakan metode *Forward Chaining* mendapatkan hasil akurasi sebesar 80% yang diambil dari rangking tertinggi hasil diagnosis yang mana dapat disimpulkan bahwa metode *Forward Chaining* dapat diimplementasikan untuk mendiagnosis penyakit pada bawang merah.

## BAB 6 PENUTUP

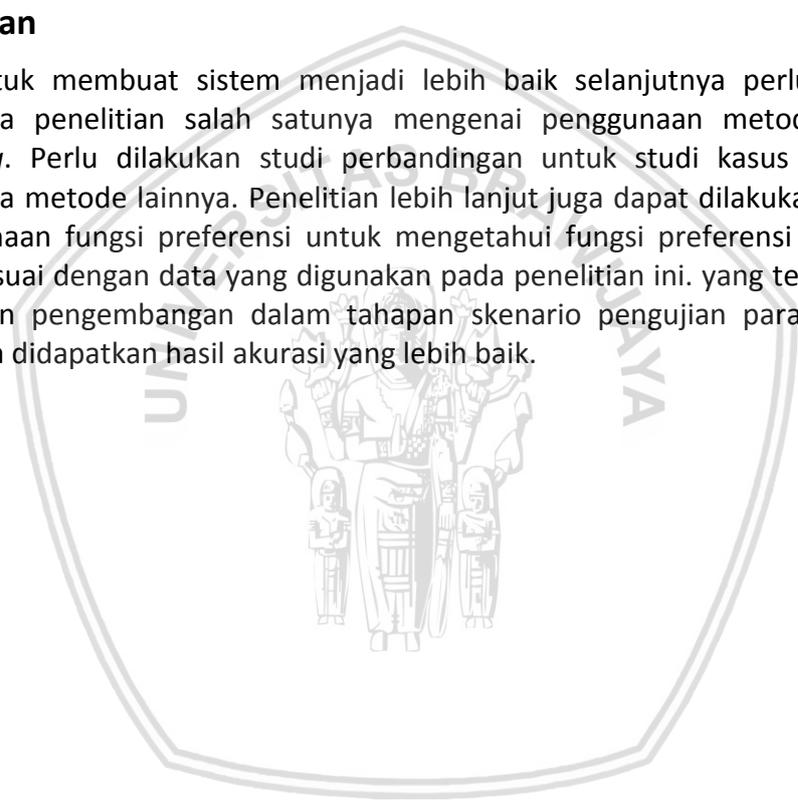
### 6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan:

- Penggunaan Fuzzy dapat membantu kepakaran sehingga dapat meminimalisir terjadinya kesalahan diagnosis oleh orang awam dan juga dapat mengurangi terjadinya hal-hal seperti gagal panen.
- Berdasarkan hasil pengujian ke 15 kali sampel, algoritma Fuzzy berhasil dibuktikan dengan hasil pengujian tingkat validitas sebesar 12 dengan presentase akurasi sebesar 80%

### 6.2 Saran

Untuk membuat sistem menjadi lebih baik selanjutnya perlu dilakukan beberapa penelitian salah satunya mengenai penggunaan metode *Forward Chaining*. Perlu dilakukan studi perbandingan untuk studi kasus ini dengan beberapa metode lainnya. Penelitian lebih lanjut juga dapat dilakukan terhadap penggunaan fungsi preferensi untuk mengetahui fungsi preferensi mana yang lebih sesuai dengan data yang digunakan pada penelitian ini. yang terakhir perlu dilakukan pengembangan dalam tahapan skenario pengujian parameter agar nantinya didapatkan hasil akurasi yang lebih baik.



## DAFTAR PUSTAKA

Abdurrahman, G., 2011. Penerapan Metode Tsukamoto (Fuzzy Tsukamoto) Dalam Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Jumlah Produksi Barang Berdasarkan Data Persediaan Dan Jumlah Permintaan.

Anshori,A., 2013. Available at: <http://digilib.unila.ac.id/14/>

BPS, 2013. Available at: <http://catatan2pekan.blogspot.co.id/2013/03/tinjauan-pustaka-bawang-merah.html>

BPS, 2015. Available at: <https://jatim.bps.go.id/Brs/view/id/340>

Djali, M., 2009. *Penangan Pra dan Pasca Panen Bawang Merah*. s.l.:UNPAD press.

Hilman Nuril Hadi, W. F. M., 2015. PENILAIAN PRESTASI KINERJA PEGAWAI MENGGUNAKAN FUZZY. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)* , Volume 2, pp. 41-48 .

Ida Wahyuni, W. F. M. A. I., 2016. Rainfall Prediction in Tengger Region Indones. *International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)*,.

Kaswidjanti, W., 2010. SISTEM PAKAR MENGGUNAKAN MESIN INFERENSI FUZZY UNTUK MENENTUKAN HAMA DAN PENYAKIT PADA TANAMAN BAWANG MERAH. *Telematika*.

Prof. (Riset). Dr. Ir. Moh. Cholil Mahfud, M., 2018. *Hama -Penyakit Bawang Merah* [Wawancara] (10 2 2018).

Prof. (Riset). Dr. Ir. Moh. Cholil Mahfud, M., 2018. *Teknik Budaya Bawang Merah* [Wawancara] (10 2 2018).

Sri Kusumadewi, H. P., 2010. *Aplikasi logika fuzzy untuk pendukung keputusan*, Yogyakarta: Graha Ilmu.

Udiarto, 2005. Pengenalan hama dan penyakit pada tanaman bawang merah dan pengendaliannya, Panduan teknis PTT bawang merah No.2, Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Bandung.

Yanmas Akhir Maulana, B. N., 2013. IMPLEMENTASI FUZZY TSUKAMOTO DALAM MENDIAGNOSIS.

## LAMPIRAN A

No	Gambar	Hama dan Penyakit	Gejala	Bobot
1		Hama Ulat Bawang ( <i>Spodoptera Exigua</i> )	• Ulat <i>Spodoptera exigua</i> berukuran panjang sampai +25 mm, berwarna hijau atau coklat dengan garis tengah berwarna kuning.	1
			• Daging daun habis dan menjadi transparan.	0.75
			• Ulat menverang tanaman dengan memakan daun bagian dalam.	0.5
2		Lalat Pengorok Daun ( <i>Lirionzoa chinensis</i> )	• Gejala serangan berat mulai pada umur 15 HST hingga menjelang tanam.	1 (0,5)
			• Daun berwarna coklat seperti terbakar dan masuk ke dalam umbi bawang.	0.75
			• Hampir seluruh helaian daun penuh kerokan	0.75 (1)

Lampiran A.1 Data penyakit, gejala, dan bobot sementara

3		Penyakit Moler atau Layu Fusarium ( <i>Twisting Disease</i> )	• Daun bawang merah menguning dan terpelintir layu (moler).	1
			• Tanaman mudah tercabut karena pertumbuhan akar terganggu dan membusuk	0.75
			• Apabila umbi lapis dicotong membujur akan terlihat adanya pembusukan berawal dari dasar umbi meluas ke atas dan ke samping.	0.75
			• Tanaman kurus kekuningan dan busuk bagian pangkal.	0.5
4		Penyakit Trotol atau Bercak Ungu ( <i>Alternaria Porri</i> )	• Ujung daun mengering, bahkan daun dapat patah.	1 (0,75)
			• Gejala serangan pada daun timbul bercak berukuran kecil berwarna putih dengan pusat berwarna ungu.	0.75 (1)

Lampiran A.2 Data penyakit, gejala, dan bobot sementara

5		Penyakit Otomatis atau Antraknose (Antraknose)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ter bentuk lekukan ke dalam, berlubang dan patah.</li> <li>• Terdapat serangan awal ditandai dengan terdapat bercak berwarna putih pada daun.</li> <li>• Tanaman akan mati dengan cepat dan mendadak.</li> </ul>	<p>1</p> <p>0.75</p> <p>0.5</p>

### Lampiran A.3 Data penyakit, gejala, dan bobot sementara

No	Gejala	Hama - Penyakit		Kategori
1	Daun bawang merah menguning dan terpelintir	Moler		Daun
2	Timbul bercak kecil berwarna putih dan pusat berwarna ungu	Trotol	Antraknose	Daun
3	Ujung daun mengering bahkan daun dapat patah	Trotol		Daun
4	Ter bentuk lekukan ke dalam, berlubang dan patah	Antraknose		Daun
5	Daging daun habis dan menjadi transparan	Ulat Bawang		Daun
6	Ulat memakan daun bagian dalam	Ulat Bawang		Daun
7	Adanya lubang - lubang pada daun mulai dari tepi daun permukaan atas atau bawah	Ulat Bawang		Daun
8	Daun mengering akibat korokan larva	Lalat Pengorok		Daun
9	Hampir seluruh helaian daun penuh kerokan	Lalat Pengorok		Daun
10	Umbi dihasilkan berukuran sangat kecil	Lalat Pengorok		Umbi
11	Umbi membusuk, berwarna kuning lalu merah kecoklatan	Trotol	Antraknose	Umbi
12	Pembusukan berawal dari dasar umbi meluas ke atas dan ke samping	Moler		
13	Menyerang tanaman 15 HST menjelang panen	Lalat Pengorok		Tanaman
14	Bintik - bintik putih berupak liang korokan larva yang berkelok - kelok	Lalat Pengorok		
15	Tanaman yang terinfeksi akan mati dengan cepat, mendadak, dan serentak	Antraknose	Moler	Tanaman
16	Mudah tercabut karena pertumbuhan akar terganggu dan membusuk	Moler		Tanaman
17	Tanaman kurus kekuningan dan busuk bagian pangkal	Moler		Tanaman

### Lampiran A.4 Data penyakit dan gejala tambahan

Penyakit	Bobot Gejala																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
P1					0,3			0,5					0,9	0,7									
P1											0,7	0,8										0,8	0,4
P1													0,7	0,8									
P2								0,5	0,9														
P2							0,5		0,9	0,5		0,6											
P3	0,9	0,7	0,4				0,6		0,3														
P3		0,3		0,5	0,4					0,3			0,8										
P3	0,9			0,6			0,4							0,6									
P3										0,4	0,7												
P3										0,3				0,6	0,5	0,7							
P3														0,3	0,4	0,7							
P3	0,8	0,6	0,4	0,5																			
P3		0,6		0,3		0,7																	
P4			0,6		0,5	0,6		0,8															
P4																	0,4	0,7	0,8				
P4		0,8	0,6	0,4																			
P5			0,7	0,8			0,4				0,3												
P5			0,8																		0,7		
P5																					0,4		0,8

Lampiran A.5 Data bobot gejala dari pakar

G1	Daun menguning dan terpelintir																						
G2	Timbul bercak kecil dan pusat berwarna ungu																						
G3	Ujung daun mengering bahkan daun dapat patah																						
G4	Terbentuk lekukan ke dalam, berlubang, dan patah																						
G5	Daging daun habis dan menjadi transparan																						
G6	Ulat memakan daun bagian dalam																						
G7	Adanya lubang-lubang pada daun mulai dari tepi daun permukaan atas atau bawah																						
G8	Daun mengering akibat kerokan larva																						
G9	Hampir seluruh helaian daun penuh kerokan																						
G10	Umbi dihasilkan berukuran sangat kecil																						
G11	Umbi membusuk, berwarna kuning lalu merah kecoklatan																						
G12	Pembusukan berawal dari dasar umbi meluas ke atas dan ke samping																						
G13	Menyerang tanaman 15HST menjelang panen																						
G14	Bintik-bintik putih berupa liang kerokan larva yang berkelok-kelok																						
G15	Tanaman yang terinfeksi akan mati dengan cepat, mendadak, dan serentak																						
G16	Mudah tercabut karena pertumbuhan akar terganggu dan membusuk																						
G17	Tanaman kurus kekuningan dan membusuk bagian pangkal																						
G18	Bercak tidak beraturan																						
G19	Bercak / pustul hitam																						
G20	Daun tanaman layu tiba-tiba																						
G21	Bercak bulat bercincin/melingkar																						
G22	Daun berwarna coklat seperti terbakar dan masuk kedalam umbi bawang																						
G23	Bercak berwarna putih pada daun																						

Lampiran A.6 Data Gejala



List Penyakit	
P1	Ulat Bawang
P2	Lalat penggorok daun
P3	Moler
P4	Trotol
P5	Antraknose

**Lampiran A.7 Data penyakit**

No	Kabupaten	Luas panen (ha)		Produksi (ton)		Produktivitas (t/ha)	
		2012	2013	2012	2013	2012	2013
1	Nganjuk	10.032	9.525	116.507	117.501	11,6	12,3
2	Probolinggo	3.921	5.629	42.967	47.285	11	8,4
3	Sampang	1.369	4.081	9.019	24.482	6,6	6,0
4	Pamekasan	1.698	2.054	12.569	13.977	7,4	6,8
5	Kediri	1.254	1.139	8.113	7.860	6,5	6,9
6	Malang	744	1.026	5.584	9.535	7,5	9,3
7	Bojonegoro	752	637	4.817	6.157	6,4	9,7
8	Kota Probolinggo	445	334	3.878	2.710	8,7	8,0
9	Batu	324	206	3.695	2.473	11,4	12
10	Sumenep	202	334	1.662	2.537	8,2	7,6
11	Mojokerto	515	153	7.550	2.295	14,7	15
12	Magetan	193	140	1.403	995	7,3	7,1
13	Ponorogo	197	120	1.239	945	6,3	7,9
14	Ngawi	96	129	519	635	5,4	4,9
15	Situbondo	98	113	484	854	4,9	7,6
16	Bondowoso	85	96	772	939	9,1	9,8
17	Banyuwangi	83	78	490	459	5,9	5,9
18	Lamongan	92	52	551	350	6,0	6,7

**Lampiran A.8 Data hasil panen**

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Bawang merah termasuk salah satu jenis *hortikultura*. Bawang merah yang mempunyai nama latin *Allium cepa L.* merupakan jenis tanaman yang menjadi bumbu di berbagai masakan yang ada di Asia Tenggara maupun di dunia. Manfaat bawang merah bagi kesehatan tubuh antara lain kandungan unsur-unsur aktif yang memiliki kemampuan untuk menekan aktifitas bakteri, merangsang pertumbuhan sel tubuh, sebagai bahan antibiotic dan sebagai sumber vitamin B1 (Djali, 2009). Menurut data yang diperoleh dari BPS ( Badan Pusat Statistik) produksi bawang merah pada tahun 2014 meningkat sebanyak 223,22ribu ton dari tahun 2013 atau sekitar 22,08% (BPS,2015). Adanya perbedaan produksi bawang merah di Jawa dan di luar pulau Jawa. Menurut data BPS tentang produksi bawang merah di seluruh daerah Jawa dalam periode 2012 – 2014 selalu meningkat tiap tahunnya, berbeda dengan daerah luar pulau Jawa pada tahun 2012 panen bawang di daerah luar Jawa mencapai 230,56ribu ton, pada tahun 2013 produksi bawang merah menurun ke angka 221,25ribu ton, akan tetapi pada tahun 2014 produksi bawang merah di daerah luar pulau Jawa kembali meningkat menjadi 277,34ribu ton (BPS,2015).

Adapun hal-hal yang menyebabkan turunnya produksi bawang merah bahkan sampai gagal panen. Selain faktor-faktor seperti curah hujan terlalu tinggi, pemilihan benih dan perawatan benih, ada juga faktor yang sangat berpengaruh dalam hal penyebab menurunnya produksi bawang merah yaitu penyakit yang disebabkan oleh virus (BPTPJATIM,2013). Pencegah serangan hama dan penyakit dapat dilakukan dengan cara melakukan Diagnosis dini. Apabila setelah dilakukan Diagnosis ditemukan gejala-gejala serangan penyakit pada tanaman bawang merah, petani dapat melakukan pencegahan sebelum penyakit menyebar luas, bahkan dapat menyebabkan gagal panen. Akan tetapi tidak semua orang dapat melakukan diagnosis serangan penyakit pada bawang merah. Dibutuhkan seorang pakar yang ahli agar dapat mendiagnosis gejala-gejala serangan penyakit yang menyerang pada tanaman bawang merah. Jumlah pakar yang ada tidak sebanding dengan banyaknya petani bawang merah. Sehingga dibutuhkan sebuah sistem yang dapat membantu petani bawang dalam memberikan Diagnosis penyakit yang menyerang tanaman bawang merah sebagai pengganti seorang pakar.

Ada beberapa metode yang dipakai dalam pembuatan sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit. Sebelumnya telah dilakukan sebuah penelitian untuk membangun sistem Diagnosis penyakit pada tanaman cabai dengan menggunakan metode *Forward Chaining* (Anshori,2013). Metode *Forward Chaining* ini menggunakan *rule* untuk menarik kesimpulan dari diagnosis hama dan penyakit.

Adapun metode lain yang dapat digunakan untuk mendiagnosis serangan hama dan penyakit. Metode *Fuzzy Tsukamoto* dipilih karena setiap konsekuensi pada aturan berbentuk *IF-THEN* direpresentasikan dengan himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Untuk menghasilkan nilai *output* yang tegas.

Metode *defuzzifikasi* yang digunakan dalam metode *Tsukamoto* adalah metode *defuzzifikasi* rata-rata terpusat (Abdurrahman,2011).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dibuat sebuah sistem yang dapat mendiagnosis serangan penyakit pada tanaman bawang merah. Dalam pembuatan sistem, peneliti menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* dalam penelitian yang dilakukan dengan judul “Diagnosis Penyakit Pada Bawang Merah Dengan Menggunakan Metode *Forward Chaining*”. Diharapkan nantinya sistem ini dapat membantu para petani dalam mendiagnosis jenis penyakit yang menyerang pada tanaman bawang merah berdasarkan gejala-gejala yang terjadi secara akurat.

## 1.2 Rumusan masalah

Dari latar belakang tersebut dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana menerapkan metode *Fuzzy Tsukamoto* ke dalam sistem Diagnosis penyakit tanaman bawang merah.
2. Bagaimana hasil pengujian sistem Diagnosis penyakit pada tanaman bawang merah dengan menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*.

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menerapkan metode *Fuzzy Tsukamoto* ke dalam sistem Diagnosis penyakit pada tanaman bawang merah
2. Menguji akurasi sistem Diagnosis penyakit pada tanaman bawang merah menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*

## 1.4 Manfaat

Di harapkan dengan dilakukannya penelitian ini, para petani dapat mendiagnosis penyakit yang menyerang tanaman bawang merah dengan tepat dan dapat terhindar dari ancaman gagal panen.

## 1.5 Batasan masalah

Penelitian ini dibatas pada hal-hal sebagai berikut :

1. Data yang digunakan berasal dari Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur.
2. Inferensi menggunakan *Forward Chaining*
3. Terdapat lima penyakit pada sistem yang akan dibuat.

## 1.6 Sistematika pembahasan

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan, maka sistematika penulisan yang disusun dalam laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

**BAB 1 Pendahuluan**

Berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat dari penelitian, batasan masalah, serta sistematika.

**BAB 2 Landasan Kepustakaan**

Menjelaskan tentang dasar teori dan referensi secara luas dari permasalahan, serta informasi yang diperlukan dalam perancangan dan implementasi dari permasalahan yang akan dibahas.

**BAB 3 Metodologi Penelitian**

Membahas tentang tahapan – tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian, diantaranya studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian dan analisis.

**BAB 4 Perancangan**

Membahas tentang perancangan sistem sesuai teori yang ada serta membahas implementasi sistem.

**BAB 5 Implementasi**

Pada bab ini akan membahas tentang implementasi algoritme *Fuzzy Tsukamoto* dan membahas tentang proses pengujian sistem dari awal hingga akhir serta hasil dari pengujian yang telah diimplementasikan sebelumnya.

**BAB 6 Kesimpulan**

Memuat kesimpulan yang berdasarkan atas pengujian dan analisis yang telah dilakukan, serta saran untuk pengembangan penelitian berikutnya.

## BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

### 2.1 Tinjauan Pustaka

Pada bab dua berisi uraian dan pembahasan tentang kajian literatur ilmiah dan teori yang berkaitan dengan diagnosis penyakit pada bawang merah dengan menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*. Dalam landasan kepustakaan terdapat landasan teori dari berbagai sumber pustaka yang terkait dengan teori dan metode yang digunakan dalam penelitian, yaitu penelitian sebelumnya yang berjudul “Penilaian Prestasi Kinerja Pegawai Menggunakan Fuzzy Tsukamoto” (Hilman Nuril Hadi, Wayan Firdaus Mahmudy, 2015), “Implementasi Fuzzy Tsukamoto Dalam Mendiagnosis Penyakit Diabetes Melitus” (Yanmas Akhir Maulana, Bowo Nurhadiyono, 2013). Penelitian saat ini adalah diagnosis penyakit pada bawang merah dengan menggunakan metode fuzzy tsukamoto.

Dasar teori yang diperlukan adalah: hama penyakit bawang merah dan *algoritme fuzzy tsukamoto*.

Pada kajian literatur ilmiah membahas mengenai penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan skripsi ini. Rujukan yang dipakai pada penelitian ini telah direpresentasikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kajian literatur ilmiah

No	Judul	Obyek ( <i>Input dan Parameter</i> )	Metode	<i>Output (Hasil dan Akurasi)</i>
1	(Yanmas Akhir Maulana ,Bowo Nurhadiyono, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penyakit diabetes melitus</li> <li>• gula darah puasa</li> <li>• gula plasma puasa</li> <li>• gula darah 2jam PP</li> <li>• kadar HbA1c</li> </ul>	<i>Fuzzy Tsukamoto</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tinggi</li> <li>• sedang</li> <li>• rendah</li> </ul>
2	(Ramadhana Sanja A,Alfan Nazala Putra, Adzhana Hasfi, Stevanie Amanda S P, Gusnia Syukriyawati, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gejala-gejala yang terjadi</li> </ul>	<i>Fuzzy Tsukamoto</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Persentase resiko terkena penyakit</li> </ul>

Tabel 2.1 Kajian literatur ilmiah (lanjutan)

(Ida Wahyuni, Wayan Firdaus Mahmudy, Atiek Iriany, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nilai prediksi jarak musim hujan</li> <li>• <i>besarnya curah hujan yang terjadi</i></li> </ul>	<i>FIS Tsukamoto</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• curah hujan rendah atau tinggi</li> </ul>
Sistem Pakar Menggunakan Mesin Inferensi Fuzzy Untuk Menentukan Hama Dan Penyakit Pada Tanaman Bawang Merah (Wilis Kaswidjanti, 2010)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gejala-gejala yang terjadi</li> <li>• Menjawab pertanyaan iya atau tidak</li> </ul>	<i>Fuzzy dengan inferensi backward chaining</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnosis penyakit bawang</li> </ul>

## 2.2 Seksi dua satu satu

Bawang merupakan istilah umum bagi sekelompok tumbuhan penting bagi manusia yang termasuk dalam genus *Allium*. Umbi, daun, atau bunga bawang dimanfaatkan sebagai sayuran atau sebagai rempah-rempah. Adapun beberapa jenis bawang yaitu bawang putih (*garlic*) dapat dilihat pada Gambar 2.1, bawang merah dapat dilihat pada Gambar 2.2, bawang bombay dapat dilihat pada Gambar 2.3, bawang daun dapat dilihat pada Gambar 2.4, dll.

Gambar 2.1 Bawang Putih (*Garlic*)



**Gambar 2.2 Bawang Merah**



**Gambar 2.3 Bawang Bombay**

**Gambar 2.4 Bawang Daun**

### **2.2.1 Moler atau Layu Fusarium (*Twisting Disease*)**

Salah satu penyebab penurunan hasil pada budidaya bawang merah adalah penyakit moler yang dapat dilihat pada Gambar 2.5. Masalah utama dalam usaha tani bawang merah di Indonesia ialah serangan organisme pengganggu tumbuhan (OPT) yang sangat merugikan. Kehilangan hasil karena serangan OPT pada bawang merah berkisar antara 20-100% dengan potensi kerugian secara ekonomi rerata nasional mencapai 138,4 milyar rupiah/ tahun.



**Gambar 2.5 Moler atau Layu Fusarium (*Twisting Disease*)**

Sumber: UPTD Malang

- **Gejala**

1. Daun bawang merah menguning dan terpelintir layu (moler).
2. Tanaman mudah tercabut karena pertumbuhan akar terganggu dan membusuk.
3. Apabila umbi lapis dipotong membujur akan terlihat adanya pembusukan berawal dari dasar umbi meluas ke atas dan ke samping.

### **2.2.2 Trotol atau bercak ungu (*Alternaria Porri*)**

Trotol atau bercak ungu memang menjadi penyakit utama bawang merah. Biasanya cendawan *alternaria porri* menginfeksi ketika tanaman membentuk umbi yakni 35-50 HST. Serangan penyakit Trotol dapat dilihat pada Gambar 2.6

Sumber: UPTD Malang



**Gambar 2.6 Trotol atau bercak ungu (*Alternaria Porri*)**

- **Gejala**

1. Ujung daun mengering, daun patah.
2. Gejala serangan pada daun timbul bercak berukuran kecil, berwarna putih dengan pusat berwarna ungu.

### 2.2.3 Antraknose

Pada musim hujan penyakit busuk daun (antraknosa) perlu mendapatkan perhatian ekstra, sebab cendawan *Collectricum gloeosporiodes* dapat berkembang biak dan menular sangat cepat. Serangan penyakit antraknosa dapat dilihat pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7 Antraknose**

Sumber: UPTD Malang

- **Gejala**

1. Terbentuk lekukan ke dalam, berlubang dan patah
2. Terdapat bercak berwarna putih pada daun.
3. Tanaman akan mati dengan cepat dan mendadak

### 2.2.4 Lalat penggorok daun

Serangan hama penggorok daun bisa dikatakan jarang terjadi, namun keberadaannya tidak bisa dianggap remeh. Serangan penggorok daun bisa berakibat fatal karena dapat menyebabkan daun mengering, mati dan tidak dapat menumbuhkan tunas baru. Serangan penggorok daun biasanya akan meningkat saat musim kemarau. Serangan hama ini dapat dilihat pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.8 Lalat penggorok daun**

Sumber: UPTD Malang

- **Gejala**
  1. Gejala serangan berat mulai pada umur 15 HST hingga menjelang tanam.
  2. Daun berwarna coklat seperti terbakar dan masuk ke dalam umbi bawang.
  3. Hampir seluruh helaian daun penuh kerokan

### 2.2.5 Ulat bawang

Ulat grayak pada bawang merah merupakan hama utama yang sulit dikendalikan karena merusak tanaman dari bagian dalam sehingga keberadaannya sulit dideteksi. Pada musim kemarau, populasinya meningkat sehingga mengganggu produktivitas. Karenanya, langkah antisipasi sebaiknya dilakukan sejak awal penanaman. Serangan ulat pada tanaman bawang merah ini dapat dilihat pada Gambar 2.9.



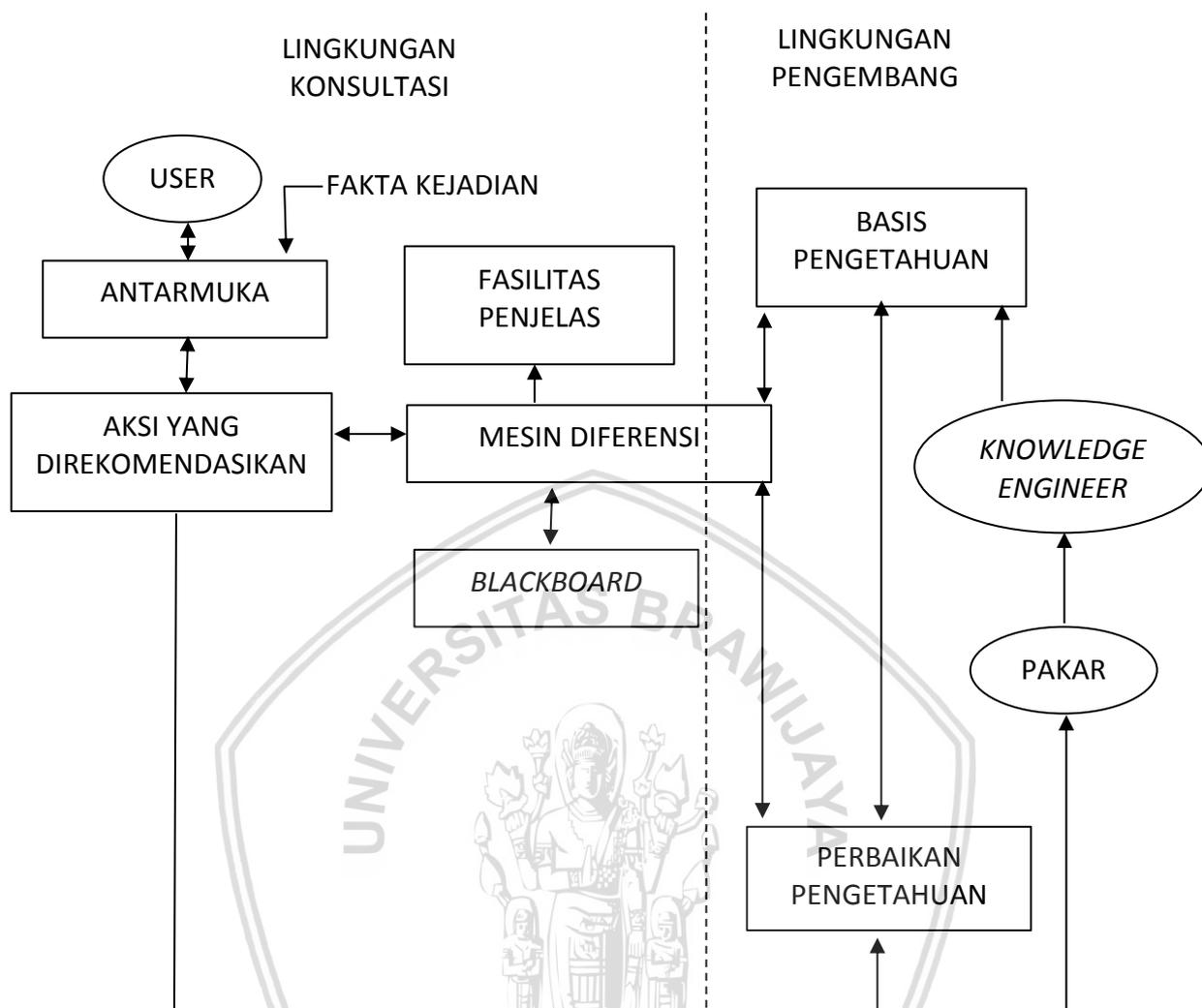
**Gambar 2.9 Ulat bawang**

Sumber: UPTD Malang

- **Gejala**
  1. Ulat *Spodoptera exigua* berukuran panjang sampai +25 mm, berwarna hijau atau coklat dengan garis tengah berwarna kuning.
  2. Daging daun habis dan menjadi transparan.
  3. Ulat menyerang tanaman dengan memakan daun bagian dalam.

### 2.3 Struktur Sistem Pakar

Struktur sistem pakar terbagi menjadi dua bagian yaitu *development environment* dan *consultation environment*. *Development environment* digunakan untuk membangun komponen-komponen dan memperkenalkan pengetahuan kedalam basis pengetahuan. *Consultation convernment* digunakan oleh pengguna untuk berkonsultasi kepada sebuah sistem pakar yang berperan sebagai pengganti pakar agar mendapatkan pengetahuan (Sutojo, et al., 2011). Struktur sistem pakar dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Stuktur Sistem Pakar

Sumber: (Sutojo.et al., 2011)

Arsitektur sistem pakar terdiri dari:

- a. *User*  
 Pada umumnya *user* adalah pengguna yang membutuhkan informasi atau pengetahuan untuk menyelesaikan sebuah masalah.
- b. Antarmuka  
 Pada bagian ini akan terjadi interaksi antara *user* dan sistem pakar.
- c. Mesin inferensi  
 Sebuah program untuk memproses penalaran terhadap suatu kondisi pada basis pengetahuan untuk mencapai kesimpulan. Ada tiga teknik pengendalian yaitu *Forward Chaining*, *Backward Chaining*, dan penggabungan dari kedua teknik tersebut.

d. Akuisisi Pengetahuan

Subsistem ini digunakan untuk memasukkan pengetahuan seorang pakar agar bisa diproses oleh komputer dan pengetahuan tersebut akan diletakkan kedalam basis pengetahuan.

## 2.4 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* adalah cabang dari sistem kecerdasan buatan (*Artificial Inteligent*) yang meniru kemampuan manusia dalam berfikir ke dalam bentuk algoritme yang kemudian dijalankan oleh mesin. Algoritme ini digunakan dalam berbagai aplikasi pemrosesan data yang tidak dapat direpresentasikan dalam bentuk biner. Logika fuzzy menginterpretasikan statemen yang samar menjadi sebuah pengertian yang logis.

Logika *Fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh *Prof. Lotfi Zadeh* seorang kebangsaan Iran yang menjadi guru besar di *University of California at Berkeley* pada tahun 1965 dalam papernya yang monumental. Pada paper tersebut dipaparkan ide dasar *fuzzy set* yang meliputi *inclusion, union, intersection, complement, relation* dan *convexity*. Pelopor aplikasi *fuzzy set* dalam bidang kontrol, yang merupakan aplikasi pertama dan utama dari *fuzzy set* adalah *Prof. Ebrahim Mamdani* dan kawan-kawan dari *Queen Mary College London*. Penerapan kontrol *fuzzy* secara nyata di industri banyak dipelopori para ahli dari Jepang, misalnya *Prof. Sugeno* dari *Tokyo Institute of Technology*, *Prof. Yamakawa* dari *Kyusu Institute of Technology, Togay* dan *Watanabe* dari *Bell Telephone Labs* (Girona, 2013). Komponen - komponen fuzzy sebagai berikut:

### 2.4.1 Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu pengembangan lebih lanjut tentang konsep himpunan dalam matematika. Himpunan *Fuzzy* adalah rentang nilai-nilai. Masing-masing nilai mempunyai derajat keanggotaan (*membership*) antara 0 sampai dengan 1. Ungkapan logika *Boolean* menggambarkan nilai-nilai "benar" atau "salah". Logika *fuzzy* menggunakan ungkapan misalnya: "sangat lambat", "agak sedang", "sangat cepat" dan lain-lain untuk mengungkapkan derajat intensitasnya (Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

### 2.4.2 Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah variabel *non fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik). Nilai masukan-masukan yang masih dalam bentuk variabel numerik yang telah dikuantisasi sebelum diolah oleh pengendali *fuzzy* harus diubah terlebih dahulu ke dalam variabel *fuzzy*. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun maka nilai-nilai masukan tersebut menjadi informasi *fuzzy* yang berguna nantinya untuk proses pengolahan secara *fuzzy* pula. Proses ini disebut fuzzifikasi (Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

*Inferencing (Rule Base)*

Pada umumnya, aturan-aturan *fuzzy* dinyatakan dalam bentuk “IF...THEN” yang merupakan inti dari relasi *fuzzy*. Relasi *fuzzy*, dinyatakan dengan  $R$ , juga disebut implikasi *fuzzy* (Kusumadewi dan Purnomo, 2010). Untuk mendapatkan aturan “IF....THEN” ada dua cara utama :

Menanyakan ke operator manusia yang dengan cara manual telah mampu mengendalikan sistem tersebut, dikenal dengan “*human expert*”.

Dengan menggunakan algoritme pelatihan berdasarkan data-data masukan dan keluaran.

### 2.4.3 Defuzzifikasi

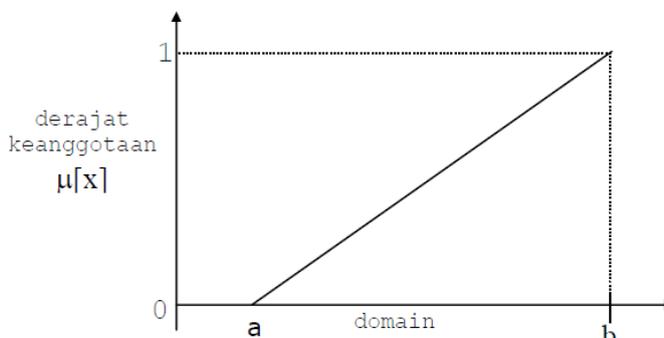
Keputusan yang dihasilkan dari proses penalaran masih dalam bentuk *fuzzy*, yaitu berupa derajat keanggotaan keluaran. Hasil ini harus diubah kembali menjadi variabel numerik *non fuzzy* melalui proses defuzzifikasi (Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

## 2.5 Fungsi keanggotaan

Fungsi Keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan 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.

### 2.5.1 Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada dua keadaan himpunan *fuzzy* yang linear. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi (Kusumadewi dan Purnomo, 2010) . Gambar 2.11 adalah gambar representasi linier naik dengan notasi persamaan pada (2.1)



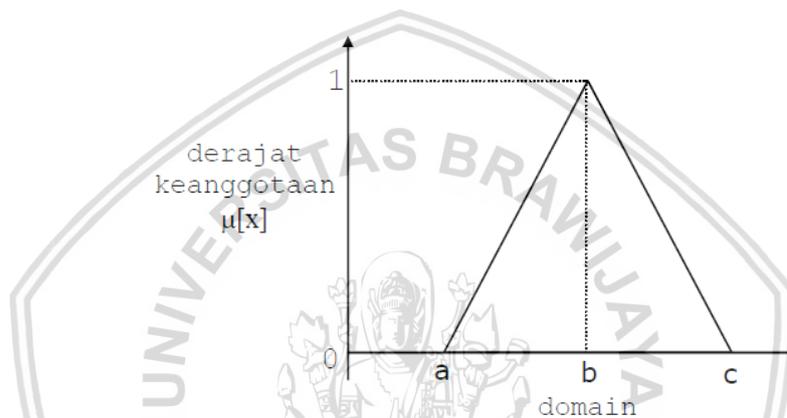
Gambar 2.11 Representasi linier naik

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu (X) = \begin{cases} 0 & ; & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; & a \leq x \leq b \\ 1 & ; & x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

### 2.5.2 Representasi kurva segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (linear) seperti terlihat pada Gambar 2.12 dan dengan notasi persamaan pada (2.2) (Kusumadewi dan Purnomo, 2010)



Gambar 2.12 Representasi Kurva Segitiga

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu (x) = \begin{cases} 0 & ; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; & a \leq x \leq b \\ \frac{(b-x)}{(c-b)} & ; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.2)$$

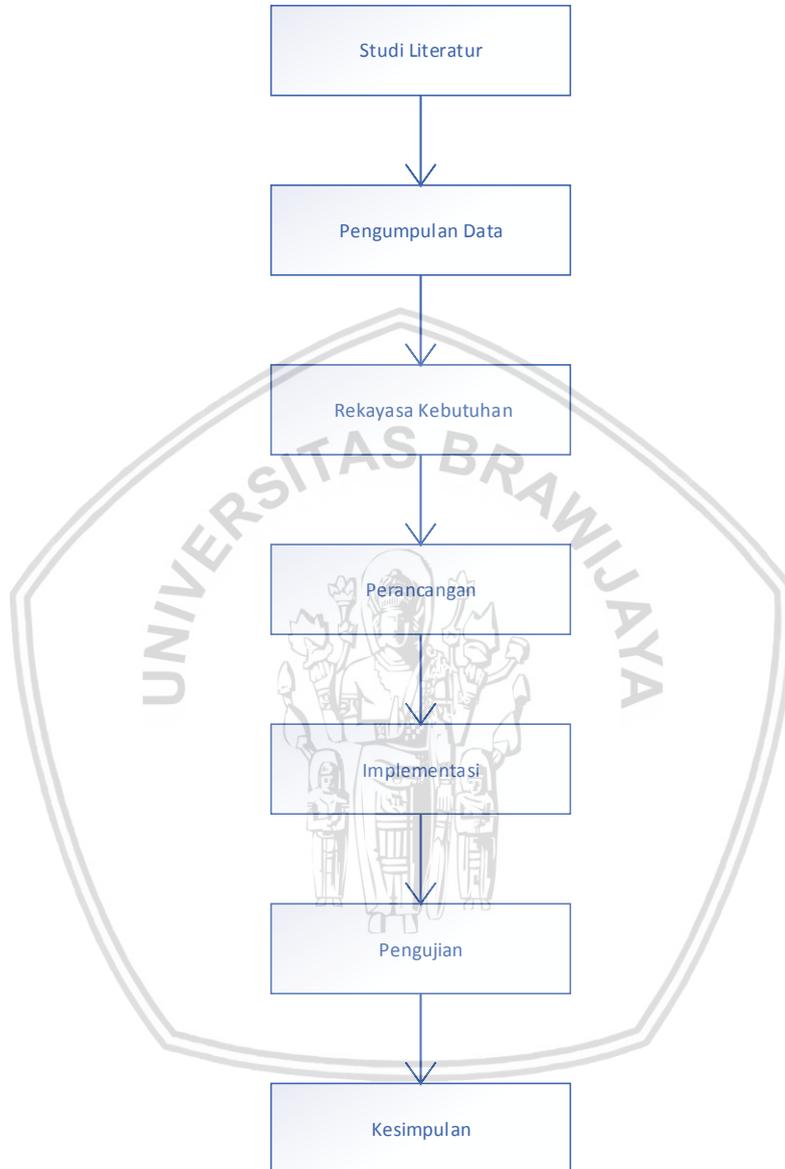
### 2.6 Metode Tsukamoto

Pada metode penarikan kesimpulan samar Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk *IF-THEN* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan samar dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil penarikan kesimpulan (*inference*) dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (cns) berdasarkan  $\alpha$ -predikat (*fire strength*). Hasil akhir diperoleh dengan menggunakan rata-rata berbobot (*weight average*).



## BAB 3 METODOLOGI

Bab ini menjelaskan langkah-langkah menyelesaikan masalah dalam sebuah penelitian. Gambar 3.1 adalah gambaran dari langkah-langkah yang akan dilakukan.



Gambar 3.1 Diagram metode penelitian

### 3.1 Studi literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur dari bidang-bidang yang terkait dengan pemodelan sistem diagnosis penyakit pada bawang merah, diantaranya:

- Algoritme Fuzzy Tsukamoto
- Identifikasi penyakit pada tanaman bawang merah

Literatur diperoleh dari *paper*, jurnal, dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.



### 3.2 Pengumpulan data

Metode pengumpulan data untuk penelitian terbagi menjadi dua jenis data yaitu data sekunder dan primer. Data primer merupakan data yang diperoleh dari wawancara terhadap pakar secara langsung, sedangkan data sekunder merupakan data yang dikumpulkan dari sumber lain dan tidak dipersiapkan untuk penelitian. Berdasarkan tabel 3.1 penentuan kebutuhan data penelitian sebagai berikut:

- Sumber data untuk penelitian mengenai penyakit bawang merah didapat dari wawancara langsung dengan pakar.
- Data kasus terserang penyakit pada tanaman bawang merah didapat dari BPTP Jawa Timur. Data digunakan dalam proses perhitungan dengan metode Fuzzy Tsukamoto

**Tabel 3.1 Penentuan Kebutuhan data penelitian**

NO	Kebutuhan Data	Sumber Data	Metode	Kegunaan Data
1	Data penyakit tanaman bawang merah	Pakar	Wawancara	Dasar pengetahuan tentang penyakit tanaman bawang merah
2	Data kasus tanaman bawang merah terserang penyakit	BPTP Jawa Timur, Kota Malang	Observasi	Digunakan pada proses perhitungan dengan metode Fuzzy Tsukamoto

### 3.3 Rekayasa kebutuhan

Pada tahap rekayasa kebutuhan akan dijelaskan identifikasi masalah, identifikasi aktor daftar kebutuhan sistem, dan use case.

Identifikasi masalah digunakan untuk menyatakan masalah yang lebih mendetail, sehingga dapat di definisikan sistem yang ingin digunakan. Kemudian dari definisi sistem dapat diidentifikasi aktor dalam sistem. Setelah sistem dan aktor didefinisikan, dilakukan analisis kebutuhan sistem, secara fungsional, non-fungsional, dan data. Setelah itu dapat dibuat skenario use case.

### 3.4 Perancangan

Proses perancangan sistem terdiri dari preprocessing data, perancangan sistem, manualisasi (penghitungan manual), desain antarmuka, dan perancangan pengujian.

Preprocessing data menjelaskan mengenai data-data yang perlu dipersiapkan untuk nanti digunakan dalam proses sistem pakar. Data-data yang dibutuhkan oleh sistem sebagai berikut: data gejala, data penyakit, dan data *rule*.

Perancangan sistem terdiri dari perancangan proses. Perancangan proses mengacu pada metode yang digunakan dalam penelitian yaitu *Fuzzy Tsukamoto*.

Proses sistem ini terdiri dari tiga tahapan yaitu fuzzifikasi, inferensi Tsukamoto, dan defuzzifikasi.

Manualisasi menjelaskan tentang proses penghitungan dengan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto yang akan diimplementasikan kepada sistem.

Desain antarmuka menggambarkan rancangan antarmuka agar *user* lebih cepat beradaptasi dengan sistem.

### 3.5 Implementasi

Implementasi terdiri dari penjelasan spesifikasi sistem, batasan implementasi, implementasi algoritme dan implementasi antarmuka. Spesifikasi sistem menjelaskan perangkat yang akan digunakan, berdasarkan analisis kebutuhan eksternal. Batasan implementasi menjelaskan batasan yang digunakan dalam sistem. Implementasi algoritme menjelaskan *source code* untuk membuat aplikasi pada sistem. Implementasi antar muka merupakan hasil rancangan antarmuka yang telah dibuat.

### 3.6 Pengujian

Pengujian dilakukan untuk menganalisis sistem dapat berjalan sesuai yang diharapkan atau tidak. Pengujian dilakukan dengan dua tahapan yaitu:

- Pengujian fungsional

Pengujian ini dilakukan oleh peneliti dan *user*. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan testing pada sistem, apakah berjalan sesuai harapan yang telah ditentukan.

- Pengujian akurasi pakar

Tujuan dilakukannya pengujian ini adalah untuk membandingkan tingkat akurasi sistem yang telah dibuat dengan cara membandingkan hasil dari penelitian yang dilakukan oleh pakar dan hasil penelitian yang diperoleh dari sistem.

### 3.7 Pengambilan kesimpulan

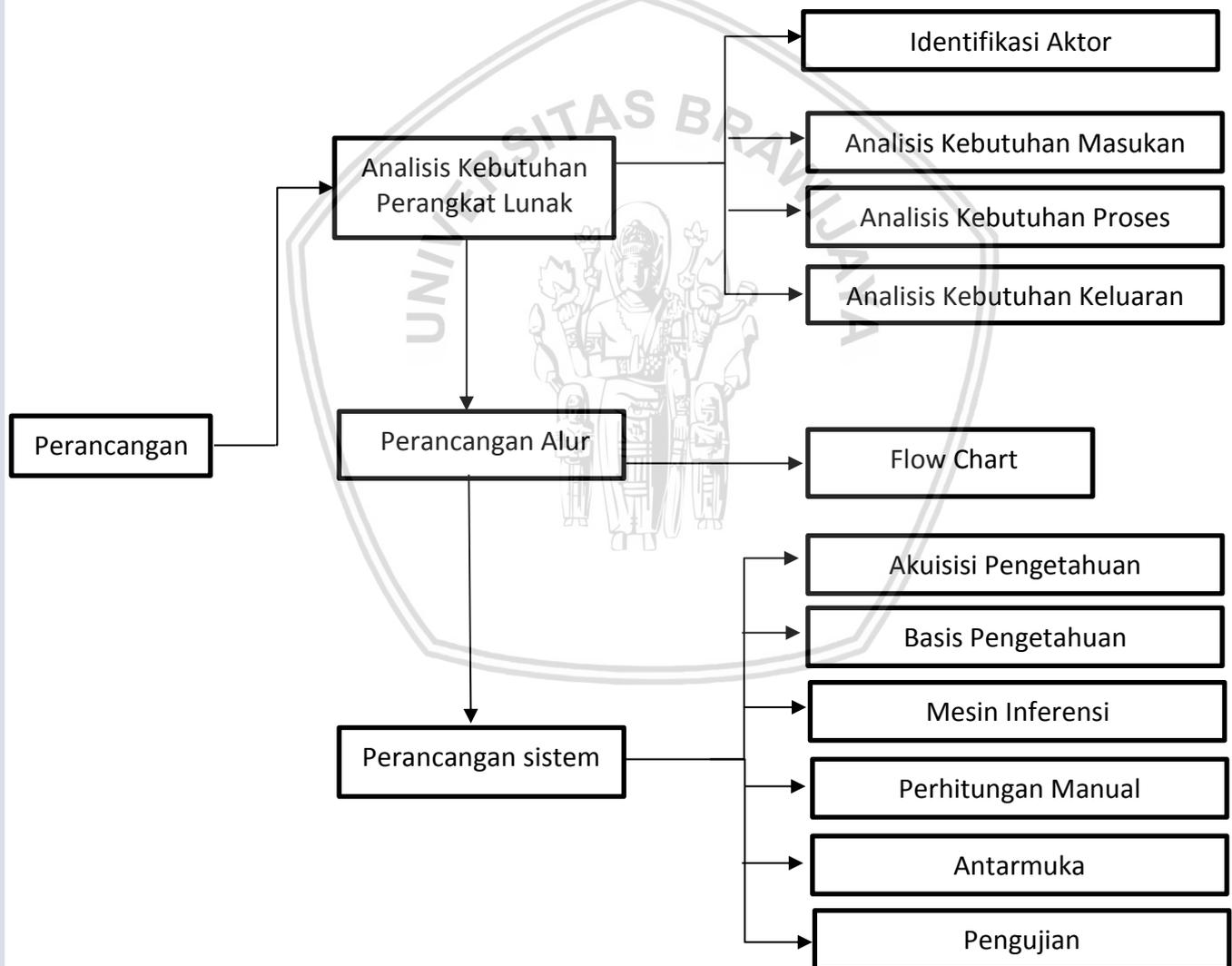
Pengambilan kesimpulan dilakukan setelah semua tahapan perancangan, implementasi, dan pengujian metode yang diterapkan telah selesai dilakukan. Kesimpulan diambil dari hasil pengujian dan analisis metode yang diterapkan. Tahap terakhir dari penulisan adalah saran yang dimaksudkan untuk memberi pertimbangan atas pengembangan metode selanjutnya.

## BAB 4 HASIL

Pada bab ini akan membahas tentang perancangan sistem yang akan dibuat dengan menggunakan metode fuzzy tsukamoto. Pohon perancangan meliputi dua tahapan yaitu analisis kebutuhan perangkat lunak, dan perancangan sistem pakar.

### 4.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Pada bagian ini akan dijelaskan rincian kebutuhan yang diperlukan dalam proses pembuatan system diagnosis penyakit pada tanaman bawang merah menggunakan fuzzy tsukamoto. Dalam analisis dibutuhkan beberapa hal yaitu kebutuhan *input*, kebutuhan *output*, kebutuhan data, dan kebutuhan proses. Pada Gambar 4.1 ditunjukkan pohon perancangan dari sistem.



Gambar 4.1 Pohon Perancangan

#### 4.1.1 Analisis kebutuhan masukan

Analisis kebutuhan masukan pada sistem ini terdiri dari kebutuhan fungsional yang diperlukan untuk melakukan interaksi dengan sistem pakar. Kebutuhan

fungsional menjelaskan kebutuhan yang harus tersedia pada sistem yang akan dibangun beserta nama proses dari setiap kebutuhan.

#### **4.1.2 Analisis kebutuhan proses**

Analisis kebutuhan proses pada sistem pakar ini berisi proses penalaran. Sistem akan melakukan penalaran untuk menentukan tanaman terdeteksi penyakit atau tidak berdasarkan nilai gejala yang dimasukkan oleh pengguna. Dari nilai yang dimasukkan oleh pengguna kemudian diproses menggunakan penalaran *Fuzzy Tsukamoto* yang kemudian akan menjadi keluaran dari sistem berupa hasil identifikasi terdeteksi suatu penyakit bawang merah atau tidak.

#### **4.1.3 Analisis kebutuhan keluaran**

Analisis kebutuhan keluaran dari sistem ini adalah hasil identifikasi berupa terdeteksi atau tidaknya pengguna terhadap suatu penyakit bawang merah yang telah dipilih. Hasil dari identifikasi tersebut didapat berdasarkan nilai gejala penyakit bawang merah yang dimasukkan oleh pengguna yang kemudian diproses menggunakan perhitungan metode *Fuzzy Tsukamoto*.

### **4.2 Perancangan sistem pakar**

Pada tahap perancangan sistem pakar berisi tentang komponen-komponen dalam arsitektur sistem pakar yang akan dibangun. Komponen tersebut terdiri dari akuisisi pengetahuan, basis pengetahuan, mesin inferensi, perhitungan manual, dan rancangan antarmuka pengguna.

#### **4.2.1 Akuisisi pengetahuan**

Akuisisi pengetahuan digunakan untuk memperoleh pengetahuan dari berbagai sumber. Pengetahuan yang digunakan sebagai sumber akuisisi pengetahuan pada penelitian ini didapat dari buku, internet, observasi dan pengetahuan dari seorang pakar. Dalam pengetahuan pada penelitian ini, menggunakan metode wawancara seperti yang dijelaskan sebagai berikut.

Pada penelitian ini wawancara dilakukan dengan seorang pakar untuk mendapatkan informasi tentang penyakit bawang merah yang meliputi jenis penyakit bawang merah beserta gejala-gejalanya dari jenis penyakit tersebut. Sebelum melakukan wawancara, data telah dikumpulkan peneliti untuk kemudian dikonsultasikan dengan pakar. Metode ini menghemat waktu baik disisi penulis maupun dari sisi pakar. Data didapatkan dari ilmu seorang pakar yang kemudian dikoreksi pakar pada saat wawancara apakah ada jenis atau gejala penyakit bawang merah baru yang perlu ditambahkan atau dikurangi. Narasumber atau pakar dalam penelitian ini adalah seorang dokter umum yaitu Prof. (R). Dr. Moh. Cholil Mahfud dari UPTD Singosari.

#### **4.2.2 Basis pengetahuan**

Basis pengetahuan merupakan inti dari pembuatan suatu sistem pakar yaitu representasi pengetahuan dari seorang pakar. Basis pengetahuan adalah

sekumpulan informasi pengetahuan tentang aturan yang diperlukan sistem pakar dalam memahami serta memecahkan permasalahan dalam domain masalah tertentu. Terdapat dua elemen dasar dalam basis pengetahuan yaitu fakta dan aturan khusus yang bertujuan untuk membantu user dalam menyelesaikan masalah pada domain tertentu dengan cara memberikan saran pengendalian.

Penalaran dilakukan berdasarkan basis pengetahuan yang ada, memanipulasi serta mengarahkan sesuai dengan kaidah, model dan fakta yang disimpan hingga mencapai suatu kesimpulan akhir.

Berikut beberapa tabel pendukung, kode dan aturan data dalam penelitian ini. Pada tabel 4.1 menjelaskan tentang data penyakit bawang merah dan tabel 4.2 menjelaskan tentang data gejala pada tanaman bawang merah.

**Tabel 4.1 Kode Penyakit**

P01	: Ulat Bawang
P02	: Lalat Bawang
P03	: Penyakit Moler
P04	: Penyakit Trotol
P05	: Penyakit Antraknosa

**Tabel 4.2 Kode Gejala**

G1	: Daun menguning dan terpelintir
G2	: Timbul bercak kecil dan pusat berwarna ungu
G3	: Ujung daun mongering bahkan daun dapat patah
G4	: Terbentuk lekukan ke dalam, berlubang dan patah
G5	: Daging daun habis dan menjadi transparan
G6	: Ulat memakan daun bagian dalam
G7	: Adanya lubang-lubang pada daun mulai dari tepi daun permukaan atas atau bawah
G8	: Daun mongering akibat korokan larva
G9	: Hampir seluruh helaian daun penuh kerokan
G10	: Umbi dihasilkan berukuran sangat kecil
G11	: Umbi membusuk, berwarna kuning lalu merah kecoklatan
G12	: Pembusukan berawal dari dasar umbi meluas ke atas dan ke samping

**Tabel 4.2 Kode Gejala (lanjutan)**

G13	: Menyerang tanaman 15 HST menjelang panen
G14	: Bintik-bintik putih berupak liang korokan larva yang berkelok-kelok
G15	: Tanaman yang terinfeksi akan mati dengan cepat, mendadak, dan serentak
G16	: Mudah tercabut karena pertumbuhan akar terganggu dan membusuk
G17	: Tanaman kurus kekuningan dan busuk bagian pangkal
G18	: Bercak tidak beraturan
G19	: Bercak/pustul hitam
G20	: Daun tanaman layu tiba-tiba
G21	: Bercak bulat bercincin/melingkar
G22	: Daun berwarna coklat seperti terbakar dan masuk ke dalam umbi bawang
G23	: Bercak putih pada daun

Dari ke lima data penyakit yang telah diperoleh akan dilakukan proses penghitungan bobot pada setiap gejalanya. Tabel 4.3 menjelaskan tentang data penyakit ulat bawang beserta gejala yang muncul. Pada tabel 4.4 menjelaskan tentang bobot gejala yang diperoleh dari seorang pakar yang diambil dari empat sampel bawang merah yang terserang penyakit ulat bawang. Tabel 4.5 menjelaskan proses hitung bobot gejala ulat bawang menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* dengan persamaan (2.2).

**Tabel 4.3 Data Penyakit Ulat Bawang**

<b>Sampel Penyakit Ulat bawang 1</b>	
G5	Daging daun habis dan menjadi transparan
G8	Daun mengering akibat kerokan larva
G12	Pembusukan berawal dari dasar umbi meluas ke atas dan ke samping
G13	Menyerang tanaman 15HST menjelang panen
<b>Sampel Penyakit Ulat bawang 2</b>	
G22	Daun berwarna coklat seperti terbakar dan masuk kedalam umbi bawang
G23	Bercak berwarna putih pada daun

**Tabel 4.3 Data Penyakit Ulat Bawang (lanjutan)**

<b>Sampel Penyakit Ulat Bawang 3</b>	
G10	Umbi dihasilkan berukuran sangat kecil
G11	Umbi membusuk, berwarna kuning lalu merah kecoklatan
<b>Sampel Penyakit Ulat Bawang 4</b>	
G11	Umbi membusuk, berwarna kuning lalu merah kecoklatan
G12	Pembusukan berawal dari dasar umbi meluas ke atas dan ke samping
G13	Menyerang tanaman 15HST menjelang panen

**Tabel 4.4 Bobot Gejala**

<b>Ulat bawang 1</b>			
<b>G5</b>	<b>G8</b>	<b>G12</b>	<b>G13</b>
0,3	0,5	0,85	0,65
<b>Ulat bawang 2</b>			
<b>G10</b>		<b>G11</b>	
0,65		0,75	
<b>Ulat bawang 3</b>			
<b>G22</b>		<b>G23</b>	
0,82		0,35	
<b>Ulat bawang 4</b>			
<b>G12</b>		<b>G13</b>	
0,65		0,75	

**Tabel 4.5 Hitung Bobot**

<b>Ulat bawang 1</b>											
<b>G5</b>	<b>G8</b>	<b>G12</b>	<b>G13</b>		<b>G5</b>	<b>G8</b>	<b>G12</b>	<b>G13</b>	<b><math>\alpha_1</math></b>	<b>Nilai z</b>	
0,3	0,5	0,85	0,65		0,5	0,5	0,75	0,25	0,25	1	
<b>Ulat bawang 2</b>											
<b>G10</b>			<b>G11</b>			<b>G10</b>		<b>G11</b>		<b><math>\alpha_2</math></b>	<b>Nilai z</b>
0,65			0,75			0,25		0,25		0,25	1



Tabel 4.5 Hitung Bobot (lanjutan)

Ulat bawang 3						
G22	G23		G22	G23	$\alpha_3$	Nilai z
0,82	0,35		0,9	0,25	0,25	1
Ulat bawang 4						
G12	G13		G12	G13	$\alpha_4$	Nilai z
0,65	0,75		0,25	0,25	0,25	1

Selanjutnya untuk penyakit lalat bawang dapat dilihat pada tabel 4.6 menjelaskan tentang data penyakit lalat bawang beserta gejala yang muncul. Pada tabel 4.7 menjelaskan tentang bobot gejala yang diperoleh dari seorang pakar yang diambil dari dua sampel bawang merah yang terserang penyakit lalat bawang. Tabel 4.8 menjelaskan proses hitung bobot gejala lalat bawang menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* dengan persamaan (2.2).

Tabel 4.6 Data Penyakit Lalat Bawang

Sampel Penyakit Lalat bawang 1	
G7	Adanya lubang-lubang pada daun mulai dari tepi daun permukaan atas atau bawah
G8	Daun mengering akibat kerokan larva
Sampel Penyakit Lalat bawang 2	
G6	Ulat memakan daun bagian dalam
G8	Daun mengering akibat kerokan larva
G9	Hampir seluruh helaian daun penuh kerokan
G11	Umbi membusuk, berwarna kuning lalu merah kecoklatan
G6	Ulat memakan daun bagian dalam
G8	Daun mengering akibat kerokan larva

Tabel 4.7 Bobot Gejala

Lalat bawang 1	
G7	G8
0,5	0,85

**Tabel 4.7 Bobot Gejala (lanjutan)**

Lalat bawang 2			
G6	G8	G9	G11
0,45	0,85	0,45	0,62

**Tabel 4.8 Hitung Bobot**

Lalat bawang 1										
G7	G8		G7	G8	$\alpha 1$	Nilai z				
0,5	0,85		0,5	0,75	0,5	0,5				
Lalat bawang 2										
G6	G8	G9	G11		G6	G8	G9	G11	$\alpha 2$	Nilai z
0,45	0,85	0,45	0,62		0,75	0,75	0,75	0,9	0,75	0,5

Selanjutnya untuk penyakit moler dapat dilihat pada tabel 4.9 menjelaskan tentang data penyakit moler beserta gejala yang muncul. Pada tabel 4.10 menjelaskan tentang bobot gejala yang diperoleh dari seorang pakar yang diambil dari delapan sampel bawang merah yang terserang penyakit moler. Tabel 4.11 menjelaskan proses hitung bobot gejala moler menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* dengan persamaan (2.2).

**Tabel 4.9 Moler**

Sampel Penyakit Moler 1	
G1	Daun menguning dan terpelintir
G2	Timbul bercak kecil dan pusat berwarna ungu
G3	Ujung daun mengering bahkan daun dapat patah
G7	Adanya lubang-lubang pada daun mulai dari tepi daun permukaan atas atau bawah
G9	Hampir seluruh helaian daun penuh kerokan
Sampel Penyakit Moler 2	
G2	Timbul bercak kecil dan pusat berwarna ungu
G4	Terbentuk lekukan ke dalam, berlubang, dan patah
G5	Daging daun habis dan menjadi transparan



Tabel 4.9 Moler (lanjutan)

G10	Umbi dihasilkan berukuran sangat kecil
G12	Pembusukan berawal dari dasar umbi meluas ke atas dan ke samping
<b>Sampel Penyakit Moler 3</b>	
G1	Daun menguning dan terpelintir
G4	Terbentuk lekukan ke dalam, berlubang, dan patah
G7	Adanya lubang-lubang pada daun mulai dari tepi daun permukaan atas atau bawah
G13	Menyerang tanaman 15HST menjelang panen
<b>Sampel Penyakit Moler 4</b>	
G11	Umbi membusuk, berwarna kuning lalu merah kecoklatan
G12	Pembusukan berawal dari dasar umbi meluas ke atas dan ke samping
<b>Sampel Penyakit Moler 5</b>	
G10	Umbi dihasilkan berukuran sangat kecil
G14	Bintik-bintik putih berupa liang kerokan larva yang berkelok-kelok
G15	Tanaman yang terinfeksi akan mati dengan cepat, mendadak, dan serentak
G16	Mudah tercabut karena pertumbuhan akar terganggu dan membusuk
<b>Sampel Penyakit Moler 6</b>	
G14	Bintik-bintik putih berupa liang kerokan larva yang berkelok-kelok
G15	Tanaman yang terinfeksi akan mati dengan cepat, mendadak, dan serentak
G16	Mudah tercabut karena pertumbuhan akar terganggu dan membusuk
<b>Sampel Penyakit Moler 7</b>	
G1	Daun menguning dan terpelintir
G2	Timbul bercak kecil dan pusat berwarna ungu
G3	Ujung daun mengering bahkan daun dapat patah
G4	Terbentuk lekukan ke dalam, berlubang, dan patah

Tabel 4.9 Moler (lanjutan)

Sampel Penyakit Moler 8	
G2	Timbul bercak kecil dan pusat berwarna ungu
G4	Terbentuk lekukan ke dalam, berlubang, dan patah
G6	Ulat memakan daun bagian dalam

Tabel 4.10 Bobot Gejala

Moler 1				
G1	G2	G3	G7	G9
0,85	0,65	0,35	0,55	0,3
Moler 2				
G2	G4	G5	G10	G12
0,3	0,45	0,35	0,28	0,75
Moler 3				
G1	G4	G7	G13	-
0,85	0,61	0,41	0,63	-
Moler 4				
G11	G12	-	-	-
0,35	0,65	-	-	-
Moler 5				
G10	G14	G15	G16	-
0,3	0,6	0,5	0,65	-
Moler 6				
G14	G15	G16	-	-
0,3	0,43	0,65	-	-
Moler 7				
G1	G2	G3	G4	-
0,82	0,55	0,35	0,45	-

Tabel 4.10 Bobot Gejala (lanjutan)

Moler 8			
G2	G4	G6	-
0,55	0,33	0,67	-

Tabel 4.11 Hitung Bobot

Moler 1												
G1	G2	G3	G7	G9		G1	G2	G3	G7	G9	$\alpha_1$	Nilai z
0,85	0,65	0,35	0,55	0,3		0,75	0,75	0,25	0,25	0,5	0,25	0,5
Moler 2												
G2	G4	G5	G10	G12		G2	G4	G5	G10	G12	$\alpha_2$	Nilai z
0,3	0,45	0,35	0,28	0,75		0,5	0,75	0,25	0,6	0,25	0,25	1
Moler 3												
G1	G4	G7	G13	-		G1	G4	G7	G13	-	$\alpha_3$	Nilai z
0,85	0,61	0,41	0,63	-		0,75	0,95	0,95	0,85	-	0,75	0,5
Moler 4												
G11	G12	-	-	-		G11	G12	-	-	-	$\alpha_4$	Nilai z
0,35	0,65	-	-	-		0,25	0,75	-	-	-	0,25	1
Moler 5												
G10	G14	G15	G16	-		G10	G14	G15	G16	-	$\alpha_5$	Nilai z
0,3	0,6	0,5	0,65	-		0,5	1	0,5	0,75	-	0,5	0,5
Moler 6												
G14	G15	G16	-	-		G14	G15	G16	-	-	$\alpha_6$	Nilai z
0,3	0,43	0,65	-	-		0,5	0,85	0,75	-	-	0,5	0,5
Moler 7												
G1	G2	G3	G4	-		G1	G2	G3	G4	-	$\alpha_7$	Nilai z
0,82	0,55	0,35	0,45	-		0,9	0,25	0,25	0,75	-	0,25	1
Moler 8												
G2	G4	G6	-	-		G2	G4	G6	-	-	$\alpha_8$	Nilai z
0,55	0,33	0,67	-	-		0,25	0,35	0,65	-	-	0,25	1



Selanjutnya untuk penyakit trotol dapat dilihat pada tabel 4.12 menjelaskan tentang data penyakit trotol beserta gejala yang muncul. Pada tabel 4.13 menjelaskan tentang bobot gejala yang diperoleh dari seorang pakar yang diambil dari delapan sampel bawang merah yang terserang penyakit trotol. Tabel 4.14 menjelaskan proses hitung bobot gejala trotol menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* dengan persamaan (2.2).

**Tabel 4.12 Trotol**

<b>Sampel Penyakit Trotol 1</b>	
G3	Ujung daun mengering bahkan daun dapat patah
G5	Daging daun habis dan menjadi transparan
G6	Ulat memakan daun bagian dalam
G9	Hampir seluruh helaian daun penuh kerokan
<b>Sampel Penyakit Trotol 2</b>	
G17	Tanaman kurus kekuningan dan membusuk bagian pangkal
G18	Bercak tidak beraturan
G19	Bercak / pustul hitam
<b>Sampel Penyakit Trotol 3</b>	
G2	Timbul bercak kecil dan pusat berwarna ungu
G3	Ujung daun mengering bahkan daun dapat patah
G4	Terbentuk lekukan ke dalam, berlubang, dan patah

**Tabel 4.13 Bobot Gejala**

<b>Trotol 1</b>			
<b>G3</b>	<b>G5</b>	<b>G6</b>	<b>G9</b>
0,55	0,5	0,56	0,8
<b>Trotol 2</b>			
<b>G17</b>	<b>G18</b>	<b>G19</b>	
0,35	0,82	0,65	-
<b>Trotol 3</b>			
<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G4</b>	
0,75	0,55	0,43	-

Tabel 4.14 Hitung Bobot

Trotol 1										
G3	G5	G6	G9		G3	G5	G6	G9	$\alpha 1$	Nilai z
0,55	0,5	0,56	0,8		0,25	0,5	0,2	0,1	0,2	1
Trotol 2										
G17	G18	G19	-		G17	G18	G19	-	$\alpha 2$	Nilai z
0,35	0,82	0,65	-		0,25	0,9	0,75	-	0,25	1
Trotol 3										
G2	G3	G4	-		G2	G3	G4	-	$\alpha 3$	Nilai z
0,75	0,55	0,43	-		0,25	0,25	0,85	-	0,25	1

Selanjutnya untuk penyakit antraknose dapat dilihat pada tabel 4.15 menjelaskan tentang data penyakit antraknose beserta gejala yang muncul. Pada tabel 4.16 menjelaskan tentang bobot gejala yang diperoleh dari seorang pakar yang diambil dari delapan sampel bawang merah yang terserang penyakit antraknose. Tabel 4.17 menjelaskan proses hitung bobot gejala antraknose menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* dengan persamaan (2.2).

Tabel 4.15 Antraknose

Sampel Penyakit Antraknose 1	
G3	Ujung daun mengering bahkan daun dapat patah
G4	Terbentuk lekukan ke dalam, berlubang, dan patah
G7	Adanya lubang-lubang pada daun mulai dari tepi daun permukaan atas atau bawah
G11	Umbi membusuk, berwarna kuning lalu merah kecoklatan
Sampel Penyakit Antraknose 2	
G3	Ujung daun mengering bahkan daun dapat patah
G19	Bercak / pustul hitam

Tabel 4.15 Antraknose (lanjutan)

Sampel Penyakit Trotol 3	
G19	Bercak / pustul hitam
G23	Bercak berwarna putih pada daun

Tabel 4.16 Bobot Gejala

Antraknose 1			
G3	G4	G7	G11
0,65	0,82	0,35	0,3
Antraknose I 2			
G3	G19	-	-
0,75	0,65	-	-
Antraknose 3			
G19	G23	-	-
0,35	0,75	-	-

Tabel 4.17 Hitung Bobot

Antraknose 1										
G3	G4	G7	G11		G3	G4	G7	G11	$\alpha_1$	Nilai z
0,65	0,82	0,35	0,3		0,75	0,9	0,25	0,5	0,25	1
Antraknose 2										
G3	G19	-	-		G3	G19	-	-	$\alpha_2$	Nilai z
0,75	0,65	-	-		0,25	0,75	-	-	0,25	1
Antraknose 3										
G19	G23	-	-		G19	G23	-	-	$\alpha_3$	Nilai z
0,35	0,75	-	-		0,25	0,25	-	-	0,25	1

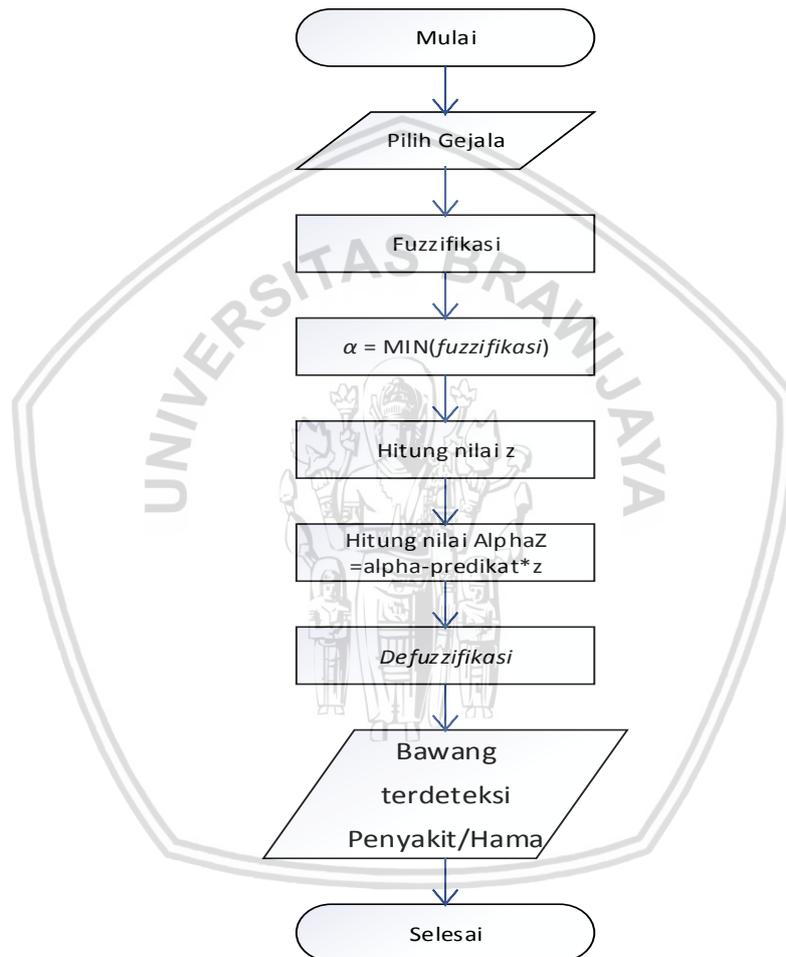
### 4.3 Mesin Inferensi

Pada penelitian ini sistem identifikasi penyakit bawang merah menggunakan metode *Forward Chaining*. Basis pengetahuan yang telah diperoleh menjadi acuan pada penalaran *Forward Chaining*. Penalaran *Forward Chaining* dimulai dari mengumpulkan fakta yang ada hingga dicapai suatu kesimpulan. Kesimpulan yang



merupakan hasil dari penalaran berupa identifikasi terdeteksi atau tidaknya suatu penyakit bawang merah yang dimasukkan pengguna.

Perhitungan pada Algoritma *Fuzzy Tsukamoto* terdiri dari lima proses utama, yaitu melakukan *fuzzifikasi* atau mengubah nilai tegas menjadi nilai *fuzzy*, menentukan *alpha-predikat* untuk setiap *Rule* sekaligus menghitung sigma dari *alpha-predikat* dikali dengan *z* sekaligus menghitung sigma dari *alpha-predikat* dikali *z* dan yang terakhir adalah melakukan *defuzzifikasi* atau mengubah nilai *fuzzy* menjadi nilai tegas atau *crisp*. Diagram alir metode *Fuzzy Tsukamoto* digambarkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Diagram Alir Fuzzy

### 4.3.1 Perhitungan Manual

Perhitungan manual berfungsi untuk memberikan gambaran secara umum tentang perancangan sistem yang dibangun serta memudahkan proses pengembangan sistem. Perhitungan manual juga menjadi acuan dalam pengembangan sistem untuk mencocokkan hasil perhitungan sistem apakah sudah sesuai dengan perhitungan manual yang dibuat. Contoh langkah-langkah dalam



perhitungan manual menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* dapat dilihat pada tabel 4.18.

**Tabel 4.18 Contoh Kasus Gejala Penyakit bawang merah**

Gejala	Nilai Masukan
Ulat Spodoptera exigua berukuran panjang sampai +25 mm, berwarna hijau atau coklat dengan garis tengah berwarna kuning.	1
Daging daun habis dan menjadi transparan.	0,6
Ulat menyerang tanaman dengan memakan daun bagian dalam.	0,5

Langkah-langkah metode *Fuzzy Tsukamoto*:

Menentukan *Rule*. *Rule* yang digunakan adalah *Rule* untuk penyakit ulat daun. Fuzzifikasi merupakan tahapan untuk menentukan fungsi keanggotaan dari gejala yang dimasukkan.

Untuk menghitung derajat keanggotaan rendah:

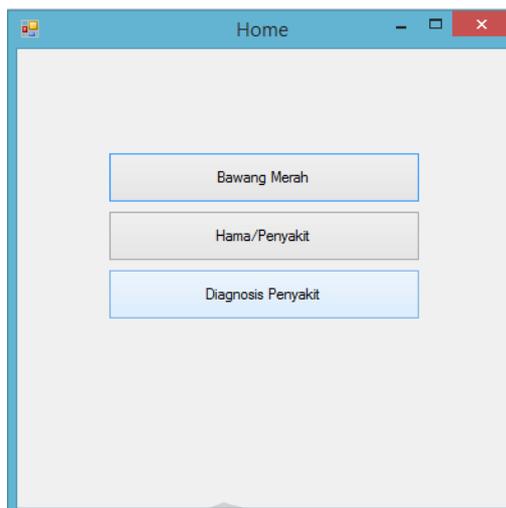
Jika nilai masukan lebih rendah dari batas bawah maka nilai derajat keanggotaan rendah = 1, jika nilai masukan lebih besar dari batas atas maka nilai derajat keanggotaan rendah = 0, jika masukan diantara batas bawah dan batas atas maka nilai = (masukan-batas atas) / (batas atas-batas bawah).

### 4.3.2 Antarmuka Pengguna

Antarmuka harus dibangun dengan tampilan yang mudah dimengerti oleh pengguna agar pengguna mampu memahami sistem dengan mudah. Rancangan antarmuka pada aplikasi sistem pakar identifikasi penyakit bawang merah akan dijelaskan sebagai berikut.

### 4.3.3 Halaman Beranda

Pada gambar 4.3 adalah rancangan antarmuka halaman beranda dari sistem. Halaman beranda merupakan halaman awal dari sistem pakar identifikasi penyakit bawang merah. Terdapat *navigation drawer* yang berisi menu identifikasi penyakit hati. Daftar penyakit hati, dan tentang.



Gambar 4.3 Halaman Beranda

**Keterangan:**

1. Menu Bawang Merah untuk mengakses jenis-jenis bawang merah.
2. Menu Hama/Penyakit untuk informasi tentang penyakit/hama pada tanaman bawang merah.
3. Menu Diagnosis untuk mendeteksi penyakit berdasarkan gejala-gejala yang ada.

Saat *user* memilih *menu* bawang merah, maka akan muncul tampilan pada Gambar 4.4. Pada *menu* ini *user* dapat melihat jenis-jenis tanaman bawang merah.

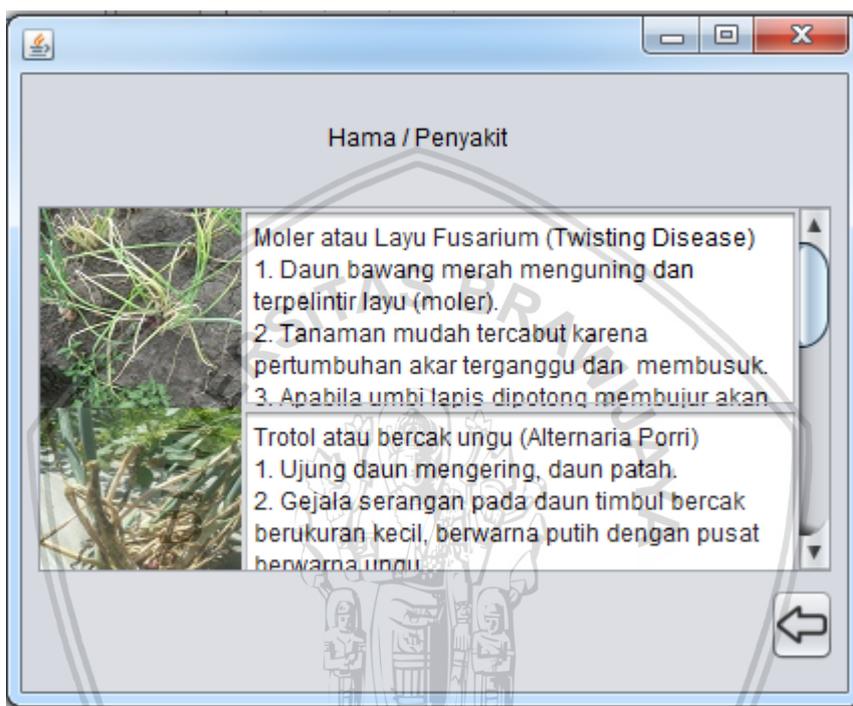


Gambar 4.4 Halaman Bawang merah

**Keterangan:**

Setelah memilih menu Bawang merah akan tampil informasi seperti pada gambar tersebut. Informasi ini sangat berguna bagi para petani untuk menentukan jenis bawang merah apa yang cocok untuk di tanam dalam kondisi tertentu.

Pada *menu home* terdapat pilihan hama/penyakit, disana *user* dapat melihat gambar penyakit beserta gejala-gejala umum yang menyerang pada tanaman bawang merah. Tampilan pada *menu* ini dapat dilihat pada Gambar 4.5.

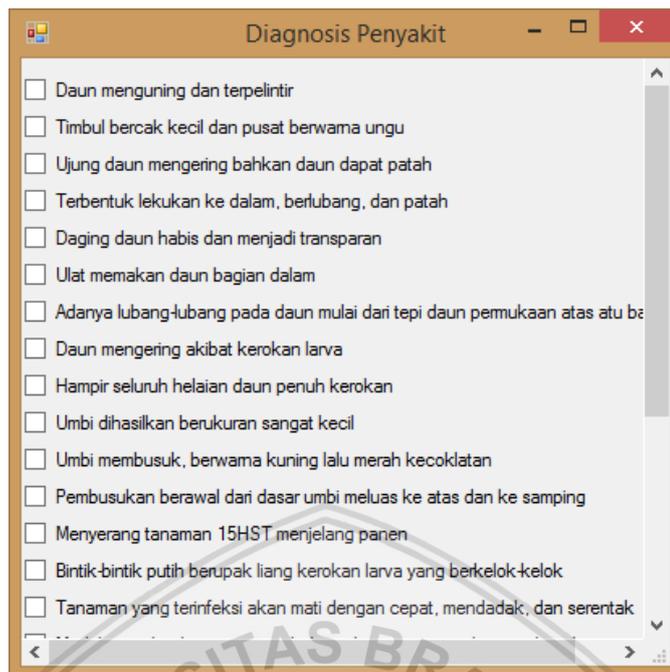


**Gambar 4.5 Halaman Hama/Penyakit**

**Keterangan:**

Setelah memilih menu Hama/Penyakit akan tampil informasi seperti pada gambar tersebut. Informasi ini sangat berguna bagi para petani untuk mengetahui seperti apa Hama/Penyakit yang menyerang.

Menu terakhir adalah *menu* untuk diagnosis penyakit tanaman bawang merah. Pada *menu* ini *user* diminta untuk memilih gejala-gejala yang menyerang pada tanaman bawang merah dan juga bobot nilai dari gejala yang menyerang. Tampilan pada *menu* ini dapat dilihat pada Gambar 4.6



**Gambar 4.6**Halaman Diagnosis Penyakit

**Keterangan:**

Setelah memilih *menu* Diagnosis Penyakit akan tampil informasi seperti pada gambar tersebut. Pengguna dapat memilih gejala-gejala yang terjadi pada tanaman bawangnya sehingga terdeteksi penyakit apa yang menyerang tanamannya.

## BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dilakukan pembahasan implementasi pengkodean program untuk Algoritma Fuzzy Tsukamoto untuk melakukan diagnosis penyakit dan hama pada tanaman bawang merah dan pengujian. Implementasi algoritma Fuzzy Tsukamoto didasarkan pada perhitungan manual.

### 5.1 Spesifikasi *Software* dan *Hardware*

Spesifikasi *software* dan *hardware* ini menjelaskan rincian penggunaan *software* dan *hardware* dalam pembuatan sistem berdasarkan perancangan yang terdapat pada bab 3 sebelumnya. Berikut spesifikasi *software* dan *hardware* untuk sistem diagnosis penyakit dan hama pada tanaman bawang merah menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*

#### 5.1.1 Spesifikasi *Software*

Pengembangan sistem pakar pendeteksi hama dan penyakit tanaman bawang merah dengan metode *fuzzy tsukamoto* menggunakan beberapa *software* dipaparkan pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Spesifikasi *Software*

Nama Software	Spesifikasi
Sistem Operasi	Windows 8 64-bit
Bahasa Pemrograman	Visual Studio 2013
<i>Tools</i> Pemrograman	C#

#### 5.1.2 Spesifikasi *Hardware*

Pengembangan sistem pakar pendeteksi hama dan penyakit tanaman bawang merah dengan metode *fuzzy tsukamoto* menggunakan sebuah *Personal Computer* (PC) dengan spesifikasi dijelaskan pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Spesifikasi *Hardware*

Nama Komponen	Spesifikasi
<i>System Model</i>	ASUS E202S
<i>Processor</i>	Intel(R) Celeron(R) CPU B800 @ 1.50GHz
<i>Memory</i>	2.00 GB
<i>Display</i>	Intel(R) HD Graphics
<i>Harddisk</i>	500 GB

## 5.2 Kode Program

Pada sub-bab ini akan dilakukan implementasi dari deteksi penyakit berdasarkan gejala-gejala yang *diinputkan* dapat dilihat pada Kode Program 5.1. Pada *source code* tersebut dapat dijelaskan bahwa diagnosis penyakit sesuai dengan data yang didapat.

```

1 public double[][] fuzzifikasi(double[] bobot, boolean[]
2 gejala) {
3     String penyakit = "";
4     for (int i = 0; i < gejala.length; i++) {
5         if ((gejala[4] && gejala[7] && gejala[11] &&
6 gejala[12])
7             || (gejala[9] && gejala[10]) ||
8 (gejala[21] && gejala[22])
9             || (gejala[10] && gejala[11] &&
10 gejala[12])) {
11             penyakit = "Ulat bawang";
12         } else if ((gejala[7] && gejala[8]) ||
13 (gejala[6] && gejala[8] && gejala[9] && gejala[11])) {
14             penyakit = "Lalat penggorok";
15         } if ((gejala[0] && gejala[1] && gejala[2] &&
16 gejala[6] && gejala[8])
17             || (gejala[1] && gejala[3] && gejala[4]
18 && gejala[9] && gejala[11])
19             || (gejala[10] && gejala[11]) ||
20 (gejala[13] && gejala[14] && gejala[15])
21             || (gejala[9] && gejala[13] &&
22 gejala[14] && gejala[15])
23             || (gejala[0] && gejala[3] && gejala[6]
24 && gejala[12])
25             || (gejala[0] && gejala[1] && gejala[2]
26 && gejala[3])
27             || (gejala[1] && gejala[3] &&
28 gejala[5])) {
29             penyakit = "Moler";
30         } else if ((gejala[2] && gejala[4] && gejala[5]
31 && gejala[8])
32             || (gejala[1] && gejala[2] && gejala[3])
33             || (gejala[16] && gejala[17] &&
34 gejala[18])) {
35             penyakit = "trotol";
36         } else {
37             penyakit = "antraknose";
38         }
39     }
40     double m_sk = 0;
41     double m_k = 0;
42     double m_s = 0;
43     double m_b = 0;
44     double m_sb = 0;

```

**Kode Program 5.1 Implementasi Algoritme *Class Fuzzy***

Bobot gejala penyakit yang didapat harus di klasifikasikan sesuai besar kecilnya bobot yang akan *diinputkan* oleh *user*. Klasifikasi bobot pada sistem dapat dilihat pada Kode Program 5.2. Pada *source code* tersebut dapat diartikan bahwa bobot yang akan dihitung telah ditentukan kelas-kelasnya.

```
1 for (int i = 0; i < gejala.length; i++) {
2     if (gejala[i]) {
3         indeks.add(i);
4     }
5 }
6
7 int[] indeksArr = new int[indeks.size()];
8
9 for (int i = 0; i < indeks.size(); i++) {
10     indeksArr[i] = indeks.get(i);
11 }
12
13 double[][] m = new double[indeks.size()][5];
14 int id = 0;
15
16 for (int i = 0; i < bobot.length; i++) {
17     if (isExist(i, indeksArr)) {
18         if (bobot[i] <= 0.2) {
19             m_sk = 1;
20             m_k = 0;
21         } else if (bobot[i] <= 0.4) {
22             m_sk = (0.4 - bobot[i]) / 0.2;
23             m_k = bobot[i] == 0.4 ? 0 : (bobot[i] -
24 0.4) / 0.2;
25             m_s = 0;
26         } else if (bobot[i] <= 0.6) {
27             m_sk = 0;
28             m_k = (0.6 - bobot[i]) / 0.2;
29             m_s = bobot[i] == 0.6 ? 1 : 0;
30             m_b = 0;
31         } else if (bobot[i] <= 0.8) {
32             m_k = 0;
33             m_s = (0.8 - bobot[i]) / 0.2;
34             m_b = bobot[i] == 0.8 ? 1 : 0;
35         } else if (bobot[i] <= 1) {
36             m_s = 0;
37             m_b = (1 - bobot[i]) / 0.2;
38             m_sb = (bobot[i] - 1) / 0.2;
39         } else {
40             m_b = 0;
41             m_sb = 1;
42         }
43
44         m[id][0] = m_sk;
45         m[id][1] = m_k;
46         m[id][2] = m_s;
47         m[id][3] = m_b;
48         m[id][4] = m_sb;
49
50         id++;
51     }
52 }
53 return m;
54 }
```

Kode Program 5.2 Implementasi Algoritme Klasifikasi Bobot

Proses setelah *input* bobot adalah proses penghitungan nilai bobot dan penghitungan nilai alpha. *Source code* untuk penghitungan nilai alpha telah di representasikan pada Kode Program 5.3

```

1   public double[] inferensi(double[][] m) {
2       double[] min = new double[23];
3       for (int i = 0; i < 23; i++) {
4           double alpha = m[i][0];
5           for (int j = 1; j < 5; j++) {
6               if (m[i][j] < alpha) {
7                   alpha = m[i][j];
8               }
9           }
10          min[i] = alpha;
11      }
12  }
13
14  /*double m_pb = 0;
15  double m_psb = 0;
16
17  if (alpha <= 0.25) {
18      m_pb = 0;
19  } else if (alpha < 0.75) {
20      m_pb = (0.75 - alpha) / 0.5;
21      m_psb = 0;
22  } else if (alpha < 1) {
23      m_pb = 0;
24      m_psb = (1 - alpha) / 0.5;
25  } else {
26      m_psb = 1;
27  }
28  */
29  return min;
30  }
31
32  public boolean isExist(int d, int[] data) {
33      int exists = 0;
34      for (int i = 0; i < data.length; i++) {
35          if (data[i] == d) {
36              exists++;
37          }
38      }
39
40      if (exists > 0) {
41          return true;
42      } else {
43          return false;
44      }
45  }

```

### Kode Program 5.3 Implementasi Algoritme Inferensi

Setelah semua bobot telah dihitung akan dilakukan proses inferensi. *Source code* inferensi pada sistem ini dapat dilihat pada Kode Program 5.4.

```
1  if (m.length < 5) {
2      this.m = inputFix(m);
3  } else {
4      this.m = m;
5  }
6
7      for (int i = 0; i < gejala.length; i++) {
8          if (gejala[4] && gejala[7] && gejala[11] &&
9  gejala[12]) {
10             penyakit = "Ulat bawang";
11
12             double[] minArr = {this.m[0][0],
13 this.m[1][1], this.m[2][3], this.m[3][2], this.m[4][0]};
14
15             double min = minArr[0];
16             for (int j = 1; j < 5; j++) {
17                 if (minArr[j] < min) {
18                     min = minArr[j];
19                 }
20                 //alpha[j] = min;
21                 alpha = min;
22             }
23
24             } else if (gejala[9] && gejala[10]) {
25                 penyakit = "Ulat bawang";
26
27                 double[] minArr = {this.m[0][3],
28 this.m[1][0], this.m[2][0], this.m[3][0], this.m[4][0]};
29
30                 double min = minArr[0];
31                 for (int j = 1; j < 5; j++) {
32                     if (minArr[j] < min) {
33                         min = minArr[j];
34                     }
35                     //alpha[j] = min;
36                     alpha = min;
37             }
```

**Kode Program 5.4 Implementasi Algoritme Inferensi**

### 5.3 Pengujian Akurasi

Analisis pengujian akurasi sistem dilaksanakan sebagaimana untuk mengukur tingkat keakuratan dari sistem diagnosis penyakit pada bawang merah menggunakan metode *Forward Chaining* yang mana pada pengujian akurasi ini menggunakan 15 data uji yang diambil pada saat pelaksanaan pengumpulan data. Hasil dari pada pengujian sistem ini direpresentasikan ke dalam bentuk Tabel 5.3.

Table 5.1 Hasil Pengujian

Pengujian	Input																					Deteksi				
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	Pakar	Sistem	
1					√			√				√	√												Ulat Bawang	Ulat Bawang
2							√		√	√		√													Lalat Penggorok	Lalat Penggorok
3	√			√			√						√												Moler	Moler
4			√		√	√			√																Trotol	Trotol
5			√	√			√				√														Antraknose	Antraknose
6										√				√	√	√									Moler	Moler
7										√	√	√	√												Ulat Bawang	Ulat Bawang
8	√	√	√				√		√																Moler	Moler
9	√	√	√	√																					Moler	Moler
10		√		√	√					√		√													Moler	Moler
11			√	√	√			√																	Moler	Antraknose
12							√	√	√	√															Ulat Bawang	Ulat Bawang
13				√		√													√				√	Lalat Penggorok	Antraknose	
14					√	√					√	√													Lalat Penggorok	Moler
15							√	√			√	√													Lalat Penggorok	Lalat Penggorok

## 5.4 Analisis Hasil Pengujian Akurasi

Dari tahap hasil pengujian akurasi yang telah direpresentasikan pada Tabel 5.3 yang mana pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan 15 data uji yang didapat pada saat pelaksanaan pengumpulan data, lalu keluaran hasil dari sistem menggunakan penerapan metode *Forward Chaining* dilakukan perbandingan hasil dengan hasil diagnosis dari pihak UPTD pembibitan dan hijauan makanan ternak kec. Singosari Malang. Dari 15 data uji terdapat 12 data yang benar dan 3 data yang tidak benar yang mana terdapat pada skenario pengujian nomer 11, 13 dan 14. Ketidaktepatan sistem ini karena dipengaruhi dominasi gejala penyakit yang mana memiliki beberapa gejala umum yang sama sehingga akurasi dari sistem ini dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.2) yang telah dijelaskan sebelumnya.

$$\text{tingkat akurasi} = \frac{12}{15} \times 100\% = 80\%$$

$$\text{error} = 100\% - 80\% = 20\%$$

Hasil perhitungan akurasi dari sistem diagnosis penyakit bawang merah menggunakan metode *Forward Chaining* mendapatkan hasil akurasi sebesar 80% yang diambil dari rangking tertinggi hasil diagnosis yang mana dapat disimpulkan bahwa metode *Forward Chaining* dapat diimplementasikan untuk mendiagnosis penyakit pada bawang merah.

## BAB 6 PENUTUP

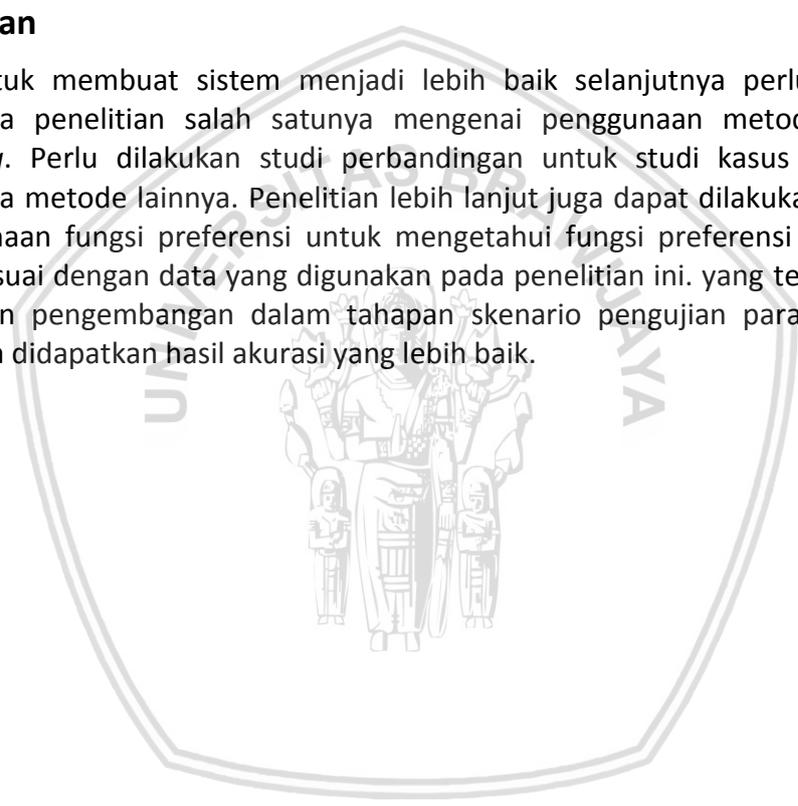
### 6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan:

- Penggunaan Fuzzy dapat membantu kepakaran sehingga dapat meminimalisir terjadinya kesalahan diagnosis oleh orang awam dan juga dapat mengurangi terjadinya hal-hal seperti gagal panen.
- Berdasarkan hasil pengujian ke 15 kali sampel, algoritma Fuzzy berhasil dibuktikan dengan hasil pengujian tingkat validitas sebesar 12 dengan presentase akurasi sebesar 80%

### 6.2 Saran

Untuk membuat sistem menjadi lebih baik selanjutnya perlu dilakukan beberapa penelitian salah satunya mengenai penggunaan metode *Forward Chaining*. Perlu dilakukan studi perbandingan untuk studi kasus ini dengan beberapa metode lainnya. Penelitian lebih lanjut juga dapat dilakukan terhadap penggunaan fungsi preferensi untuk mengetahui fungsi preferensi mana yang lebih sesuai dengan data yang digunakan pada penelitian ini. yang terakhir perlu dilakukan pengembangan dalam tahapan skenario pengujian parameter agar nantinya didapatkan hasil akurasi yang lebih baik.



## DAFTAR PUSTAKA

Abdurrahman, G., 2011. Penerapan Metode Tsukamoto (Fuzzy Tsukamoto) Dalam Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Jumlah Produksi Barang Berdasarkan Data Persediaan Dan Jumlah Permintaan.

Anshori,A., 2013. Available at: <http://digilib.unila.ac.id/14/>

BPS, 2013. Available at: <http://catatan2pekan.blogspot.co.id/2013/03/tinjauan-pustaka-bawang-merah.html>

BPS, 2015. Available at: <https://jatim.bps.go.id/Brs/view/id/340>

Djali, M., 2009. *Penangan Pra dan Pasca Panen Bawang Merah*. s.l.:UNPAD press.

Hilman Nuril Hadi, W. F. M., 2015. PENILAIAN PRESTASI KINERJA PEGAWAI MENGGUNAKAN FUZZY. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)* , Volume 2, pp. 41-48 .

Ida Wahyuni, W. F. M. A. I., 2016. Rainfall Prediction in Tengger Region Indones. *International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)*,.

Kaswidjanti, W., 2010. SISTEM PAKAR MENGGUNAKAN MESIN INFERENSI FUZZY UNTUK MENENTUKAN HAMA DAN PENYAKIT PADA TANAMAN BAWANG MERAH. *Telematika*.

Prof. (Riset). Dr. Ir. Moh. Cholil Mahfud, M., 2018. *Hama -Penyakit Bawang Merah* [Wawancara] (10 2 2018).

Prof. (Riset). Dr. Ir. Moh. Cholil Mahfud, M., 2018. *Teknik Budaya Bawang Merah* [Wawancara] (10 2 2018).

Sri Kusumadewi, H. P., 2010. *Aplikasi logika fuzzy untuk pendukung keputusan*, Yogyakarta: Graha Ilmu.

Udiarto, 2005. Pengenalan hama dan penyakit pada tanaman bawang merah dan pengendaliannya, Panduan teknis PTT bawang merah No.2, Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Bandung.

Yanmas Akhir Maulana, B. N., 2013. IMPLEMENTASI FUZZY TSUKAMOTO DALAM MENDIAGNOSIS.