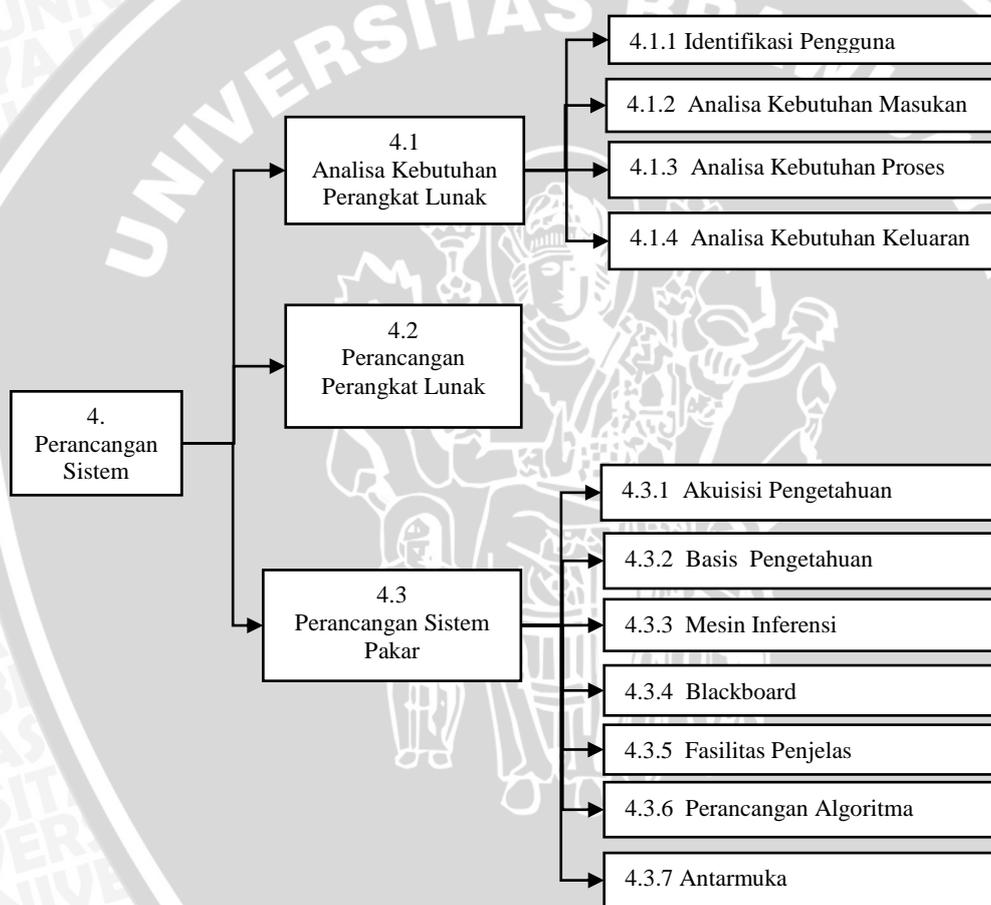


BAB IV PERANCANGAN

Bab ini membahas tentang perancangan “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Kopi *Arabica* dengan Metode Fuzzy-AHP”. Bab ini meliputi tiga tahapan yaitu analisa kebutuhan perangkat lunak, perancangan perangkat lunak, dan perancangan sistem pakar. Setiap tahapan akan dijabarkan kedalam beberapa tahapan tahapanseperi diilustrasikan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pohon Perancangan

Sumber : [Perancangan]

4.1. Analisa Kebutuhan Perangkat Lunak

Pada tahap ini menjelaskan tentang analisa kebutuhan yang harus disediakan agar sistem dapat digunakan oleh pengguna. Paada tahap ini juga menjelaskan tentang diagnosa pengguna, analisa kebutuhan masukan, proses, dan keluaran.

Berikut adalah kebutuhan yang digunakan dalam pembuatan sistem pakar:

1. Kebutuhan Hardware, meliputi:
 - a. Komputer
2. Kebutuhan Software, meliputi:
 - a. Sistem Operasi Windows 7
 - b. *Browser*
 - c. Bahasa pemrograman PHP
 - d. Xampp
 - e. Netbeans 7.3
3. Data yang dibutuhkan meliputi:
 - a. Data penyakit tanaman kopi arabica
 - b. Data gejala setiap penyakit tanaman kopi arabica
 - c. Data nilai dan kriteria

4.1.1. Identifikasi Pengguna

Pengguna sistem pakar ini hanya memiliki satu aktor yaitu petani. Pada sistem pakar ini petani hanya bisa melihat informasi tentang penyakit yang ada pada kopi *arabica* serta petani dapat mendiagnosa penyakit yang menjangkit tanaman kopi dengan cara menjawab pertanyaan yang disediakan sistem ini.

4.1.2. Analisa Kebutuhan Masukan

Pada analisa kebutuhan masukan menjelaskan masukan yang di masukkan oleh pengguna yaitu petani. Petani memberikan masukan dengan cara menjawab pertanyaan yang diajukan oleh sistem untuk mendiagnosa penyakit pada tanaman kopi *arabica*.

Dari inputan petani maka sistem ini dapat mengolah inputan dari petani yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan *F-AHP* untuk mendiagnosa

penyakit kopi *arabica*. Setelah menjawab pertanyaan, petani akan segera mengetahui hasilnya serta perincian mengapa sistem ini dapat mendeteksi penyakit berdasarkan jawaban dari petani. Dari penjelasan diatas maka akan dijelaskan lebih lanjut tentang kebutuhan fungsional sistem ini pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Daftar Kebutuhan Fungsional

ID	Requirements	Pengguna	Nama Aliran Data
F_01	Sistem mampu menerima masukan jawaban dari pengguna	Petani	Proses diagnosa
F_02	Sistem mampu menampilkan informasi apakah tanaman kopi <i>arabica</i> terkena berdasarkan gejala yang diinputkan user serta penanggulangan.	Petani	Hasil diagnosa
F_03	Sistem mampu menampilkan informasi data penyakit apa saja yang menjangkit tanaman kopi <i>Arabica</i> serta penanggulangan.	Petani	Info penyakit
F_04	Sistem mampu menampilkan penanggulangan dari jenis penyakit tanaman kopi <i>Arabica</i> yang teridentifikasi.	Petani	Penanggulangan
F_05	Sistem mampu menampilkan informasi bantuan penggunaan tentang aplikasi.	Petani	Bantuan

Sumber: [Perancangan]

Selain daftar kebutuhan fungsional juga terdapat daftar kebutuhan non fungsional. Daftar kebutuhan non fungsional dilakukan untuk mengetahui spesifikasi kebutuhan untuk sistem. Daftar kebutuhan non-fungsional aplikasi sistem pakar ini dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Daftar Kebutuhan Non-Fungsional

Aktor	Deskripsi Aktor
-------	-----------------

<i>Avaliability</i>	Aplikasi ini dapat beroperasi selama waktu yang ditentukan.
<i>Response Time</i>	Aplikasi ini diharapkan cepat dalam melakukan proses penyimpanan data, pengubahan data, penghapusan data, dan penghitungan data.
<i>Accuracy</i>	Sistem ini memiliki akurasi yang cukup tinggi yaitu sebesar 100% sehingga berhasil mendiagnosa penyakit pada tanaman kopi <i>Arabica</i> secara tepat.

Sumber: [Perancangan]

4.1.3. Analisa Kebutuhan Proses

Proses inti dari sistem ini adalah proses penalaran. Sistem akan melakukan penalaran untuk menentukan diagnosa penyakit pada tanaman kopi *arabica* berdasarkan gejala yang diinputkan oleh Petani. Pada sistem telah disediakan aturan basis pengetahuan untuk penelusuran diagnosa penyakit.

4.1.4. Analisa Kebutuhan Keluaran

Output dari sistem ini adalah berupa hasil diagnosa penyakit menggunakan perhitungan metode *Fuzzy AHP*. Hasil diagnosa tersebut berdasarkan gejala penyakit yang telah diinputkan saat melakukan diagnosa. Tampilan output dari sistem adalah jenis penyakit tanaman kopi *arabica*, info tentang penyakit, dan penanggulangannya.

4.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak ini menjelaskan mengenai hubungan antar komponen-komponen detail sehingga mampu membentuk sebuah fungsi yang mampu memberikan pelayanan terhadap kebutuhan pengguna. Perancangan perangkat ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Tabel Perancangan Perangkat Lunak

Nama Halaman	Deskripsi	Tombol Navigasi
--------------	-----------	-----------------

Halaman Utama	Halaman awal yang diakses oleh pengguna	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diagnosa Penyakit 2. Info penyakit serta penanggulangan 3. About
Halaman Diagnosa Penyakit	Halaman proses diagnosa penyakit berupa pertanyaan seputar gejala	Proses
Halaman Hasil	Halaman menampilkan hasil diagnosa setelah menjawab pertanyaan seputar gejala serta Menampilkan detail perhitungan proses Fuzzy AHP	Penanggulangan
Halaman Penanggulangan	Menampilkan penanggulangan penyakit sesuai dengan penyakit yang telah didiagnosa oleh sistem	Halaman Utama
Halaman Info Penyakit	Menampilkan info penyakit yang terdapat pada tanaman kopi <i>arabica</i>	Halaman Utama

Sumber : [Perancangan]

4.3. Perancangan Sistem Pakar

Perancangan sistem pakar ini menjelaskan mengenai sistem sesuai dengan arsitektur sistem pakar. Perancangan sistem pakar terdiri dari proses akuisisi

pengetahuan, basis pengetahuan, mesin inferensi, *blackboard*, fasilitas penjelas dan rancangan antarmuka.

Sistem pakar dalam penelitian ini adalah sistem pakar yang mendiagnosa penyakit pada tanaman kopi *arabica*. Metode *Fuzzy AHP* digunakan untuk proses pengambilan kesimpulan. Seorang pakar melakukan diagnosis adalah dengan cara melihat gejala fisik yang tampak pada tanaman kopi *arabica*.

Pertama-tama sistem akan menerima masukan dari petani gejala yang telah diamati pada tanaman kopi *arabica*. Masukan dari user tersebut akan dilakukan proses perhitungan dengan metode *Fuzzy AHP* dengan menghitung nilai tiap gejala yang timbul. Dari hasil perhitungan tersebut akan diperoleh suatu kesimpulan apakah tanaman terdiagnosa penyakit.

4.3.1. Akuisisi Pengetahuan

Akuisisi pengetahuan merupakan proses pengambilan pengetahuan dari pakar atau sumber pengetahuan lainnya ke dalam sistem komputer untuk membangun basis pengetahuan. Pengetahuan yang berasal dari buku, internet maupun pengetahuan yang ada pada pakar. Metode yang digunakan dalam akuisisi pengetahuan, yaitu :

a. Wawancara

Wawancara adalah metode akuisisi pengetahuan yang sangat berpengaruh dalam penelitian ini. Metode ini dilakukan dengan cara mewawancara langsung seorang pakar yang berada di BPTP Malang Jawa Timur.

Pada wawancara ini, penulis mengumpulkan informasi tentang penyakit pada tanaman kopi *arabica*. Informasi yang dikumpulkan meliputi macam-macam jenis penyakit yang menyerang tanaman kopi *Arabica* beserta gejalanya. Hasil wawancara mengenai informasi jenis dan gejala penyakit pada tanaman kopi dapat dilihat pada lampiran 1.

b. Analisa Protokol (Aturan)

Pada metode analisa protokol ini pakar diminta untuk membuat aturan-aturan antara penyakit dan gejala penyakit tanaman kopi *arabica*. Pakar diminta memberikan nilai bobot pada gejala-gejala penyakit tanaman kopi *arabica*. Nilai bobot ini nantinya akan dijadikan sebagai dasar perhitungan metode *Fuzzy AHP*

dan pengambilan kesimpulan pada sistem pakar diagnosa penyakit tanaman kopi *arabica*.

Berikut adalah tabel yang menampilkan setiap nilai bobot pada gejala hama pada tanaman kopi *arabica*. Pada tabel ini dapat dilihat setiap gejala memiliki nilai total bobot yang berbeda sebagai pertimbangan dalam melakukan proses diagnosa penyakit seperti ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Keterangan Penilaian pada Gejala Hama Penyakit Tanaman Kopi

Nilai Bobot	Keterangan
1	Gejala paling spesifik
0.75	Gejala spesifik
0.50	Gejala agak spesifik
0.25	Gejala kurang spesifik
0.1	Tidak ada gejala

Sumber : [Wawancara]

Tabel 4.5 Tabel Bobot Penyakit Tanaman Kopi *Arabica*

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19
Nematoda	0.25	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.75	0.75	0.75	1
Karat Daun	0.1	0.75	1	0.75	0.25	0.25	0.25	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Bercak Daun	0.1	0.1	0.1	0.75	0.25	0.25	0.25	1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Antraknos	0.1	0.1	0.1	0.75	0.25	0.25	0.25	0.1	0.1	1	0.75	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Jamur Upas	0.25	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1	1	1	1	0.1	0.1	0.1	0.1

Sumber : [Wawancara]

Daftar penjelasan kode pada tabel 4.5, akan dijelaskan pada tabel 4.6 daftar kode gejala penyakit pada tanaman kopi *Arabica*.

Tabel 4.6 Daftar Kode Gejala Penyakit Pada Tanaman Kopi *Arabica*

Kode	Keterangan
R1	Daun menguning
R2	Terdapat bercak kuning pada sisi atas daun
R3	Terdapat tepung berwarna jingga pada sisi bawah daun
R4	Bercak coklat pada sisi atas daun
R5	Daun mongering
R6	Daun gugur
R7	Tanaman tampak gundul
R8	Bercak dikelilingi lingkaran kuning
R9	Bercak terdapat inti putih kelabu
R10	Bawah daun terdapat jamur warna putih
R11	Bercak coklat pada buah
R12	Jala putih atau perak pada batang
R13	Gupalan putih pada celah kulit pohon
R14	Terdapat kerak warna merah jambu pada buah cabang
R15	Terdapat bintil kecil kemerahan pada cabang
R16	Tanaman terlihat kerdil
R17	Bunga sedikit
R18	Buah banyak yang kosong
R19	Akar serabut busuk hingga habis
R20	Tanaman Mati

Sumber : [Wawancara]

4.3.2. Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan menjelaskan tentang pengetahuan yang digunakan untuk memahami, merumuskan dan memecahkan persoalan pada penelitian ini. Basis pengetahuan merupakan inti program dari sistem pakar dimana basis pengetahuan ini merupakan representasi pengetahuan dari seorang Pakar.

Pada tabel 4.5 adalah akuisisi representasi pengetahuan pakar sebelumnya yang menjadi acuan untuk basis pengetahuan pada penelitian ini dan hasilnya dapat ditunjukkan pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data Aturan Jenis Penyakit Kopi *Arabica*

Rule	Gejala	Penyakit
R1	Daun menguning	1. Nematoda
R2	Terdapat bercak kuning pada sisi atas daun	1. Karat daun
R3	Terdapat tepung berwarna jingga pada sisi bawah daun	1. Karat daun
R4	Bercak coklat pada sisi atas daun	1. Karat daun 2. Bercak daun 3. Antraknos
R5	Daun mengering	1. Karat daun 2. Bercak daun 3. Antraknos 4. Jamur upas
R6	Daun gugur	1. Karat daun 2. Bercak daun 3. Jamur upas 4. Antraknos
R7	Tanaman tampak gundul	1. Karat daun 2. Antraknos 3. Bercak daun
R8	Bercak dikelilingi lingkaran kuning	1. Bercak daun
R9	Bercak terdapat inti putih kelabu	1. Bercak daun
R10	Bawah daun terdapat jamur warna putih	1. Antraknos
R11	Bercak coklat pada buah	1. Antraknos
R12	Jala putih atau perak pada batang	1. Jamur upas
R13	Gumpalan putih pada celah kulit pohon	1. Jamur upas
R14	Terdapat kerak warna merah jambu pada bawah cabang	1. Jamur upas
R15	Terdapat bintil kecil kemerahan pada cabang	1. Jamur upas
R16	Tanaman terlihat kerdil	1. Nematoda
R17	Bunga sedikit	1. Nematoda
R18	Buah banyak yang kosong	1. Nematoda
R19	Akar serabut busuk hingga habis	1. Nematoda
R20	Tanaman mati	1. Nematoda 2. Jamur Upas

Sumber : [Wawancara]

4.3.3. Mesin Inferensi

Metode penelusuran diagnosa penyakit pada tanaman kopi *arabica* menggunakan metode forward chaining yaitu dimulai dari sekumpulan fakta gejala yang diberikan oleh petani sebagai masukan pada sistem. Kemudian gejala tersebut mengandung bobot untuk setiap penyakit yang nantinya bobot akan digunakan pada proses perhitungan dengan menggunakan metode *Fuzzy AHP*. Analisa hipotesa akhir dijadikan sebagai kesimpulan yang berupa diagnosa penyakit yang menyerang tanaman kopi *arabica*.

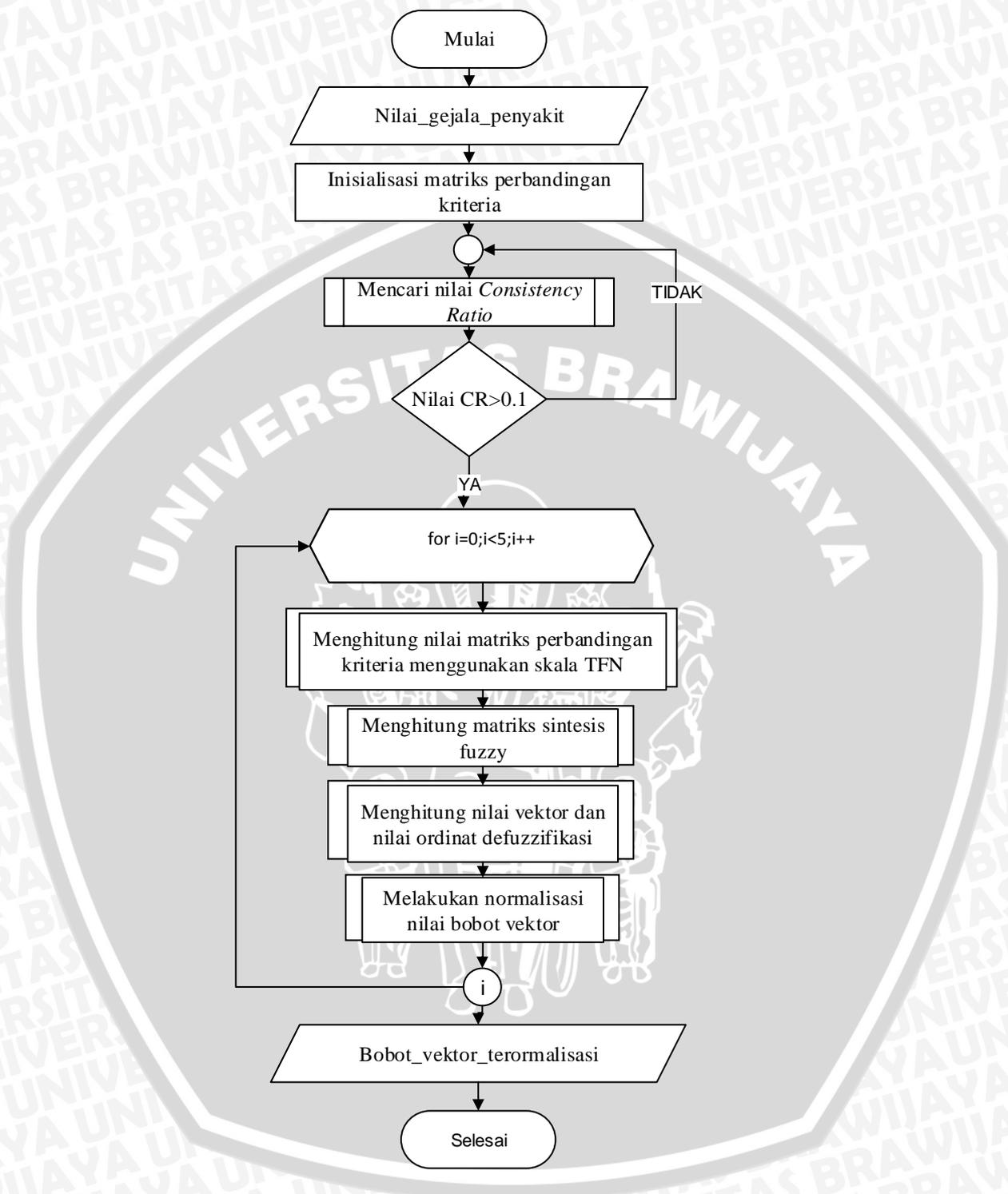
4.3.3.1. Diagram Alir metode fuzzy AHP

Diagram alir yang digunakan pada sistem pakar identifikasi hama penyakit tanaman kopi *arabica* merupakan penerapan dari metode *Fuzzy AHP*. Berikut adalah diagram alir perhitungan dengan metode *Fuzzy AHP* ditunjukkan pada gambar 4.2 hingga gambar 4.11.

Pada diagram alir gambar 4.1 menjelaskan mulai dari menentukan matriks perbandingan hingga terbentuk normalisasi bobot vektor.

Perhitungan dengan metode *fuzzy AHP* dijabarkan sebagai berikut :

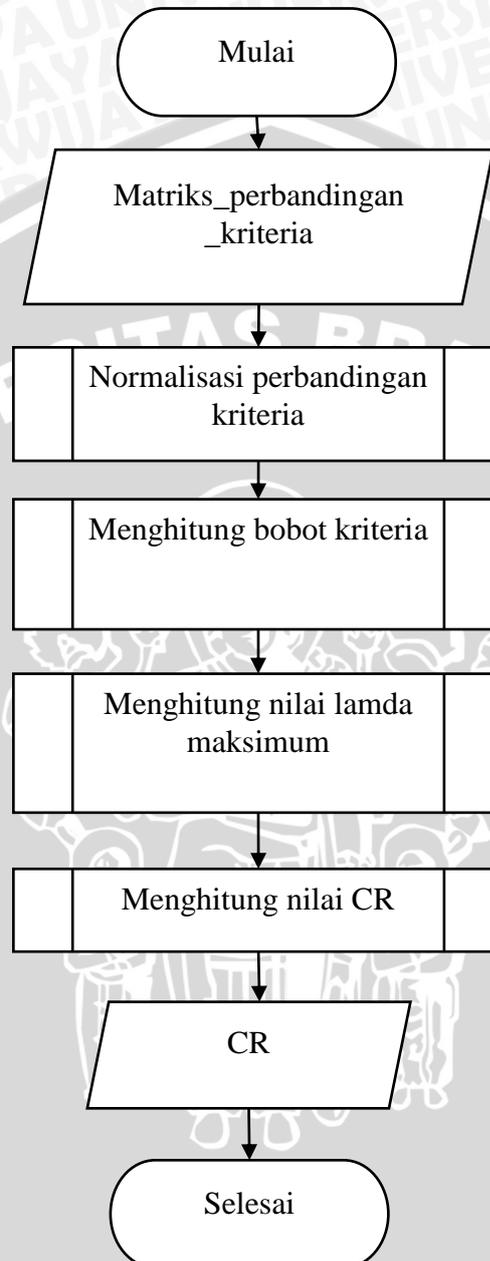
1. Menentukan matriks perbandingan kriteria/alternatif
2. Cek nilai konsistensi dengan menggunakan perhitungan AHP konvensional:
 - a. Menghitung matriks normalisasi
 - b. Menghitung nilai bobot kriteria
 - c. Menghitung nilai lamda maksimum
 - d. Menghitung nilai CI
3. Mencari nilai matriks perbandingan kriteria/alternatif menggunakan skala *Triangular Fuzzy Number* (TFN)
4. Menghitung matriks sintesis fuzzy
5. Menghitung nilai vektor dan nilai ordinat defuzzifikasi
6. Melakukan normalisasi bobot vektor



Gambar 4.2 Diagram Alir Perhitungan Metode Fuzzy AHP

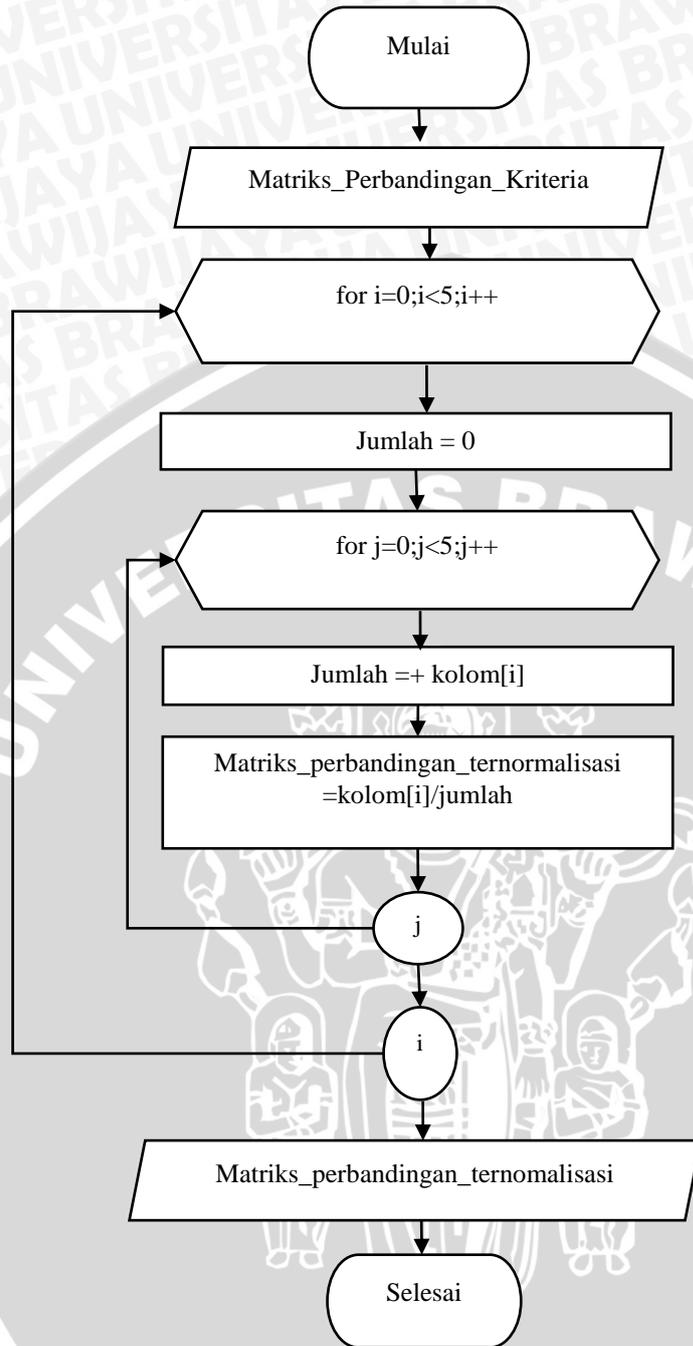
Sumber : [Perancangan]

Pada diagram alir gambar 4.3 dijelaskan secara detail mengenai perhitungan untuk mencari nilai konsistensi. Nilai konsistensi yang diharapkan menurut saaty adalah kurang dari 0.1.



Gambar 4.3. Diagram Alir Perhitungan Konsistensi
Sumber : [Perancangan]

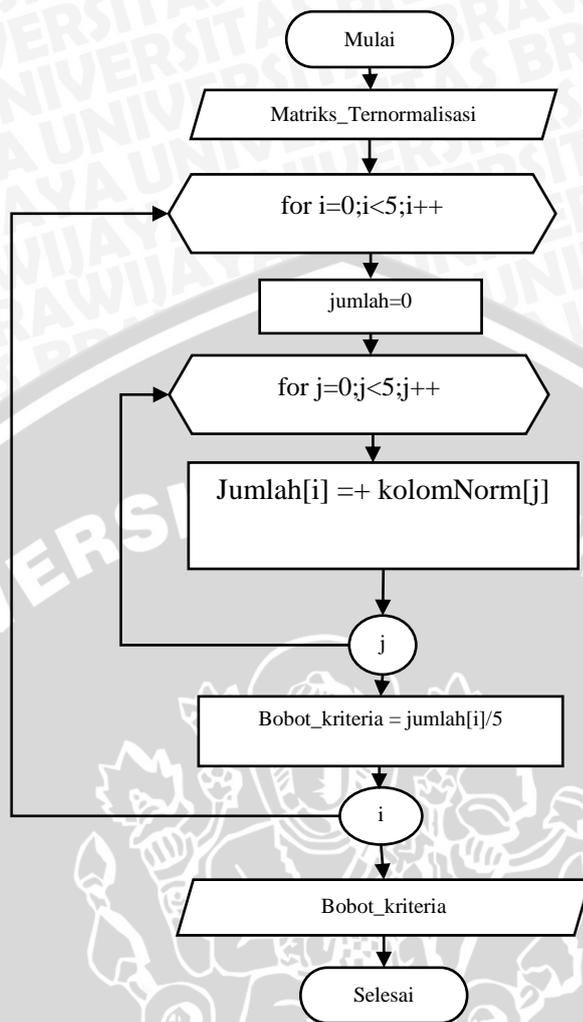
Pada diagram alir gambar 4.4 menjabarkan proses perhitungan normalisasi perbandingan kriteria. Normalisasi Perbandingan kriteria merupakan proses yang harus dilakukan untuk mencari nilai matriks perbandingan ternormalisasi.



Gambar 4.4 Diagram Alir Perhitungan Matriks Normalisasi Perbandingan Kriteria

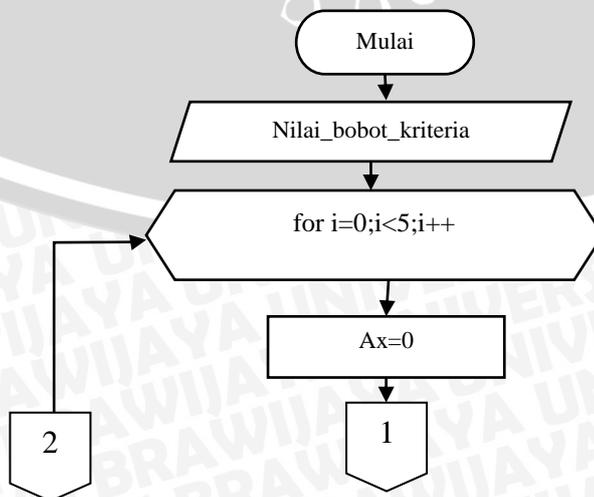
Sumber : [Perancangan]

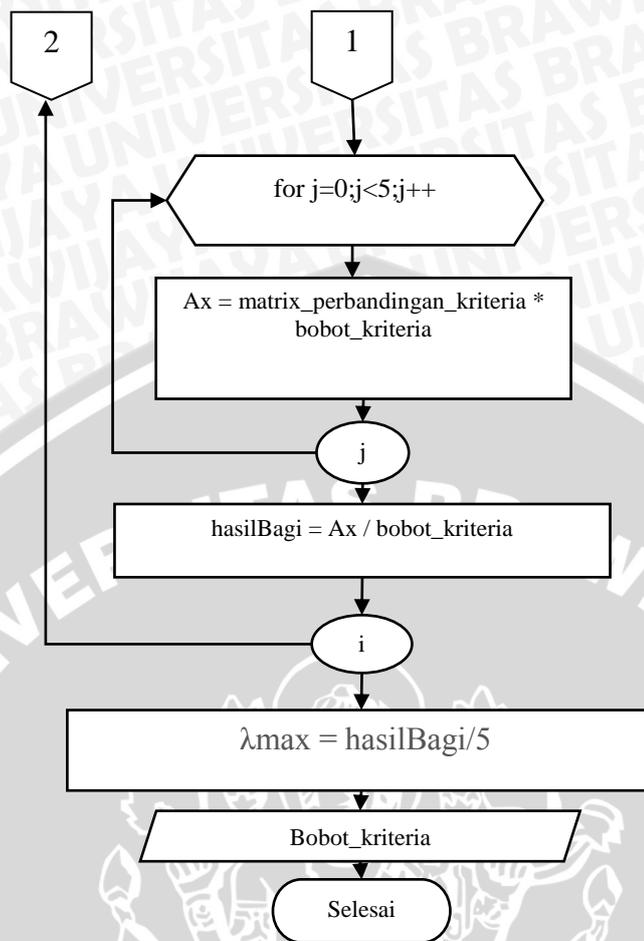
Pada diagram alir gambar 4.5 penjabaran dari diagram alir gambar 4.3 yang menampilkan tentang proses perhitungan bobot kriteria setelah dilakukan normalisasi matriks perbandingan kriteria .



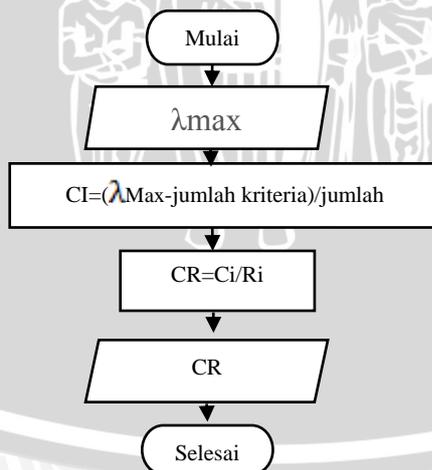
Gambar 4.5 Diagram Perhitungan Nilai Bobot Kriteria
Sumber : [Perancangan]

Pada Diagram 4.6 dijelaskan tahapan selanjutnya yaitu menghitung nilai lamda maksimum.





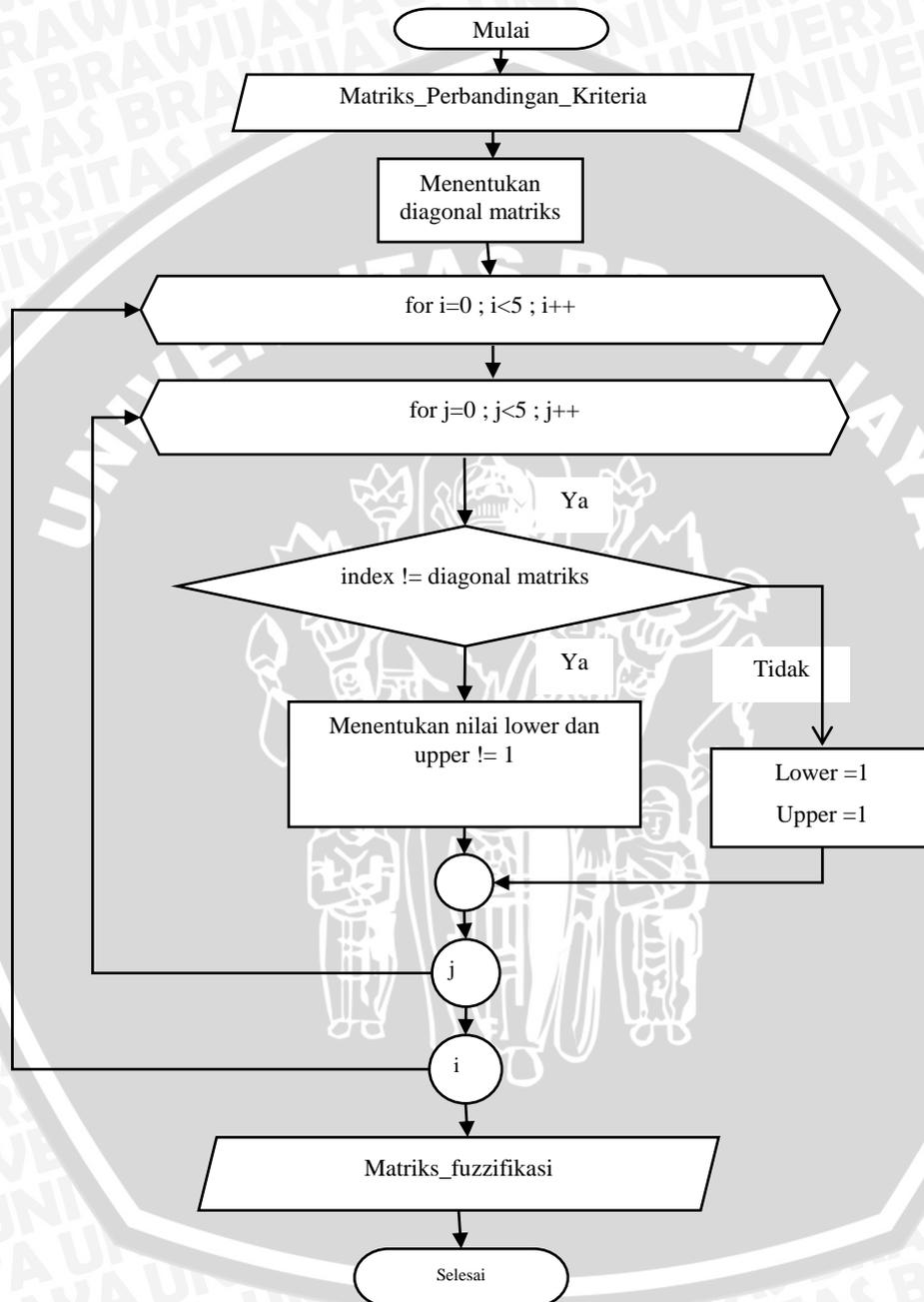
Gambar 4.6 Diagram Perhitungan Nilai Lamda Maksimum
Sumber : [Perancangan]



Gambar 4.7 Diagram Perhitungan Nilai CR
Sumber:[Perancangan]

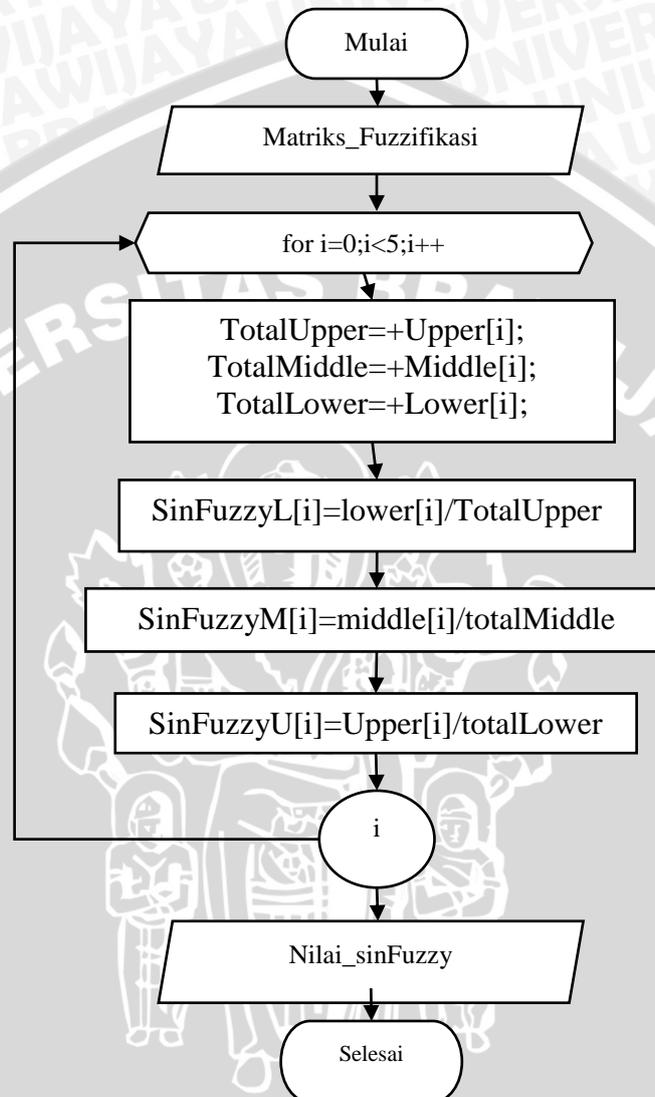
Setelah menghitung lamda maksimum maka nilai CR atau consistency ratio diketahui apakah lebih dari 0.1 atau kurang dari 0.1.

Setelah mengetahui bahwa matriks perbandingan telah konsisten dengan menggunakan metode AHP konvensional maka langkah selanjutnya yaitu menggunakan metode Fuzzy-AHP untuk mengetahui bobot kriteria.



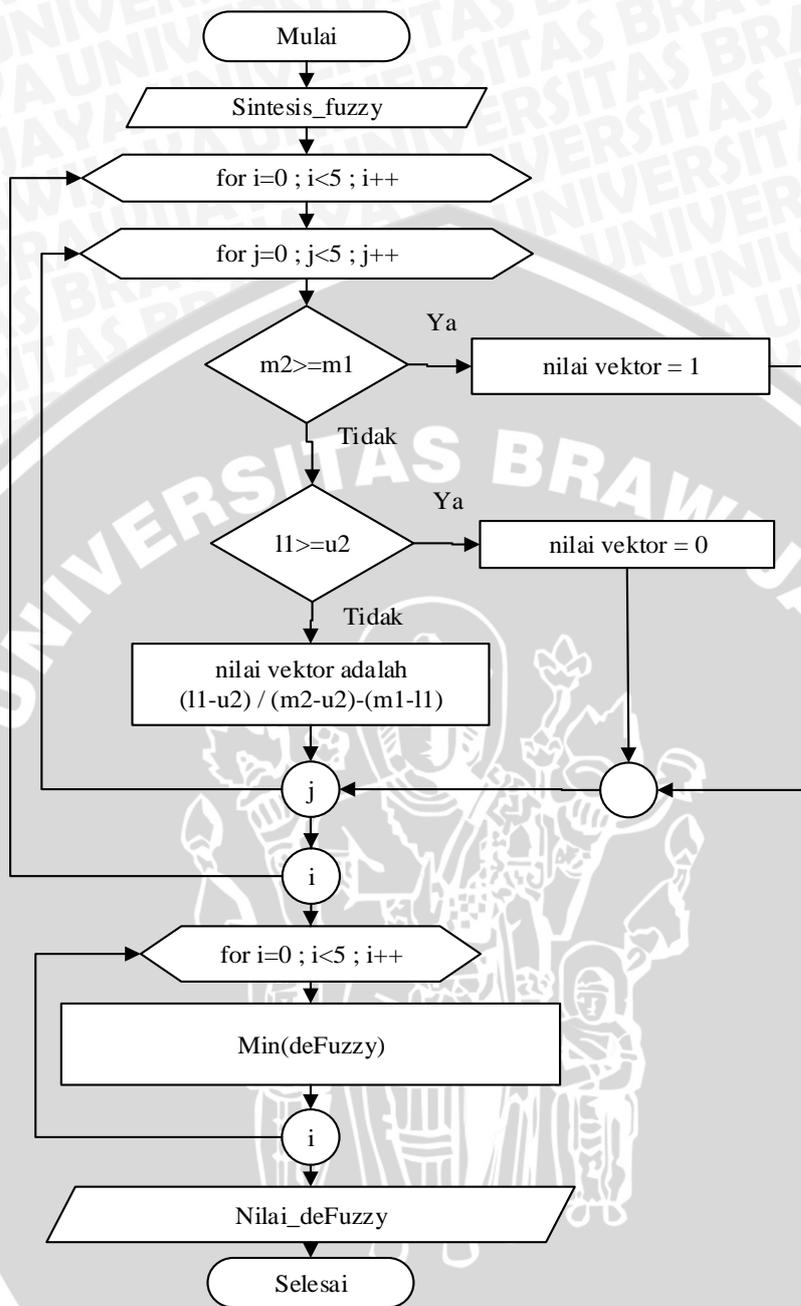
Gambar 4.8 Diagram Alir Perhitungan Fuzzifikasi
Sumber : [Perancangan]

Pada diagram alir gambar 4.8 menjelaskan tentang perhitungan fuzzifikasi untuk menentukan skala TFN dari matriks perbandingan kriteria yang sudah ditentukan oleh pakar.



Gambar 4.9 Diagram Alir Perhitungan Matriks Sintesis Fuzzy
Sumber : [Perancangan]

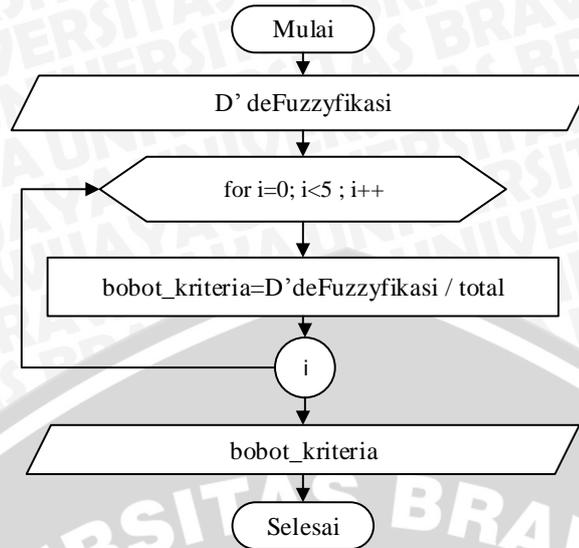
Pada diagram alir gambar 4.9 dijelaskan mengenai perhitungan matriks sintesis fuzzy setelah dilakukan perhitungan skala TFN. Proses ini perlu dilakukan untuk menghitung nilai Vektor dan nilai ordinat defuzzifikasi yang dijelaskan pada gambar 4.10 yang nantinya akan menghasilkan bobot kriteria dengan menggunakan metode Fuzzy-AHP.



Gambar 4.10 Diagram Alir Perhitungan Nilai Vektor dan Nilai Ordinat Defuzzifikasi

Sumber : [Perancangan]

Pada diagram alir gambar 4.10 dijelaskan tentang perhitungan nilai defuzzifikasi untuk menghitung bobot kriteria pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Diagram Alir Perhitungan Bobot Kriteria

Sumber : [Perancangan]

Diagram alir metode fuzzy-AHP dari gambar 4.3 hingga 4.11 berlaku pada semua kriteria hingga semua kriteria diketahui nilai bobotnya.

4.3.3.2. Perhitungan Kasus Secara Manual

Perhitungan kasus secara manual bertujuan untuk memberikan gambaran umum perancangan sistem yang dibangun menggunakan metode *Fuzzy AHP*. Berikut cara adalah perhitungan kasus secara manual:

1. Menentukan matriks perbandingan kriteria/alternatif

Dalam proses ini akan ditentukan nilai perbandingan prioritas kriteria dengan cara menyusun perbandingan berpasangan yaitu membandingkan seluruh kriteria dalam bentuk berpasangan. Nilai yang diberikan untuk seluruh perbandingan diperoleh dari skala 1-9.

Setiap nilai kriteria pada contoh kasus dijumlahkan dan dibandingkan sesuai dengan aturan *Triangular Fuzzy Numbering*. Sehingga diperoleh hasil perbandingan kriteria hama seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Tabel Matriks Perbandingan Kriteria

	A	B	C	D	E	F
1	Kriteria	Tanaman	Batang	Daun	Akar	Buah
2	Tanaman	1	0.333333	0.2	2	1
3	Batang	3	1	0.333333	3	3
4	Daun	5	3	1	7	5
5	Akar	0.5	0.333333	0.142857	1	0.5
6	Buah	1	0.333333	0.2	2	1

Sumber : [Perancangan]

Pakar telah menetapkan aturan seperti tabel 4.8 dimana daun lebih besar daripada batang, batang lebih besar pada tanaman, tanaman sama pentingnya dengan buah dan buah lebih besar daripada akar.

2. Cek nilai konsistensi dengan menggunakan perhitungan AHP konvensional:

Pada proses ini akan dilakukan pengecekan konsistensi menggunakan untuk menghitung AHP konvensional dengan matriks perbandingan. Diagram alir perhitungan konsistensi dapat ditunjukkan pada Gambar 4.2.

a. Menghitung matriks normalisasi perbandingan kriteria

Diagram alir perhitungan normalisasi matriks perbandingan kriteria dapat ditunjukkan pada Gambar 4.3.

Setiap elemen matriks dibagi dengan total kolomnya. Untuk matriks normalisasi baris ke-1 kolom ke-1 diperoleh dari persamaan (2-1):

$$a. \text{ Normalisasi kolom B2} = \frac{1}{1+3+5+0.5+1} = 0.095238$$

Untuk perhitungan kolom lainnya sama seperti perhitungan pada kolom B2.

$$b. \text{ Jumlah baris tanaman E2} = 0.095238 + 0.0667 + 0.106599 + 0.133 + 0.095238 = 0.497075$$

Untuk perhitungan jumlah baris pada kolom lain sama seperti perhitungan E2.

Hasil Normalisasi ditunjukkan pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Normalisasi Matriks Perbandingan Kriteria

	A	B	C	D	E	F	G
1	Kriteria	Tanaman	Batang	Daun	Akar	Buah	Jumlah
2	Tanaman	0.095238	0.066667	0.106599	0.133333	0.095238	0.497075
3	Batang	0.285714	0.2	0.177665	0.2	0.285714	1.149094
4	Daun	0.47619	0.6	0.532995	0.466667	0.47619	2.552043
5	Akar	0.047619	0.066667	0.076142	0.066667	0.047619	0.304714
6	Buah	0.095238	0.066667	0.106599	0.133333	0.095238	0.497075

Sumber : [Perancangan]

b. Menghitung nilai bobot kriteria

Bobot kriteria dihitung dengan cara mencari nilai rata-rata setiap baris pada matriks normalisasi. Diagram alir perhitungan bobot kriteria ditunjukkan pada Gambar 4.4.

Bobot kriteria diperoleh dari perhitungan rata-rata elemen matriks yang terdapat dalam satu baris. Berikut perhitungan bobot untuk kriteria tanaman dengan menggunakan persamaan (2-1):

$$\text{Bobot Kriteria Tanaman} = \frac{0.095238 + 0.0667 + 0.106599 + 0.133 + 0.095238}{5} = 0.099415$$

Untuk mencari bobot kriteria daun dan batang sama seperti mencari bobot kriteria tanaman. Hasil perhitungan nilai bobot kriteria ditunjukkan pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Nilai Bobot Kriteria

Tanaman	0.099415
Batang	0.229819
Daun	0.510409
Akar	0.060943
Buah	0.099415

Sumber: [Perancangan]

c. Menghitung nilai lamda maksimum

Proses perhitungan lamda maksimum yaitu dengan cara melakukan perkalian matriks antara bobot kriteria dengan matriks perbandingan kriteria. Hasil perkalian tersebut dibagi dengan bobot kriteria. Lamda maksimum adalah rata-

rata dari hasil bagi tersebut. Diagram alir perhitungan nilai lamda maksimum dapat ditunjukkan pada Gambar 4.5.

Untuk menghitung λ maksimum maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

1. Matriks perbandingan berpasangan tabel 4.9 dikalikan dengan bobot kriteria tabel 4.10. Vektor baru tersebut dinyatakan sebagai vektor jumlah bobot.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0.33 & 0.2 & 2 & 1 \\ 3 & 1 & 0.33 & 3 & 3 \\ 5 & 3 & 1 & 7 & 5 \\ 0.5 & 0.33 & 0.142 & 1 & 0.5 \\ 1 & 0.33 & 0.2 & 2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.099415 \\ 0.229819 \\ 0.510409 \\ 0.060943 \\ 0.099415 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.499403 \\ 1.179273 \\ 2.620614 \\ 0.309879 \\ 0.499403 \end{bmatrix}$$

2. Hasil dari vektor jumlah bobot dibagi dengan nilai yang berpasangan dari bobot prioritas dan dinyatakan hasilnya sebagai nilai prioritas.

$$\begin{aligned} \text{Nilai prioritas} &= \left[\frac{0.499403}{0.099415}, \frac{1.179273}{0.229819}, \frac{2.620614}{0.510409}, \frac{0.309879}{0.060943}, \frac{0.499403}{0.099415} \right] \\ &= [5.02342, 5.13132, 5.134346, 5.084767, 5.02342] \end{aligned}$$

3. Menghitung rata-rata dari nilai pada langkah ke-2 diatas dan hasilnya dinotasikan dengan λ_{maks}

$$\lambda_{maks} = \frac{5.02342 + 5.13132 + 5.134346 + 5.084767 + 5.02342}{5} = 5.079454$$

- d. Menghitung nilai *Consistency Ratio* (CR)

Proses perhitungan dilakukan dengan mencari nilai *Consistency Index*(CI) dengan cara λ maksimum dikurangkan dengan jumlah kriteria. Kemudian hasilnya dibagi dengan jumlah kriteria dikurangkan 1. Untuk kriteria dengan jumlah 5 maka Ri=1.12. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4.6.

Perhitungan nilai CR untuk mengetahui konsistensi perbandingan kriteria menggunakan persamaan (2-21). Nilai RI dapat dilihat pada Tabel 2.3. Di tunjukkan perhitungan nilai CR:

$$\begin{aligned} CI &= \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \\ &= \frac{5.079454 - 5}{5 - 1} = 0.019864 \end{aligned}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \text{ dengan } n = 5, \text{ maka } RI = 1.12$$

sehingga,

$$CR = \frac{0.019864}{1.12} = 0.017735$$

Menurut Saaty, jika $CR \leq 10\%$ atau $CR \leq 0.1$ maka matriks perbandingan berpasangan tersebut konsisten.

3. Mencari nilai matriks perbandingan kriteria/alternatif menggunakan skala *Triangular Fuzzy Number* (TFN)

Pada proses ini matriks perbandingan kriteria ditransformasikan menggunakan skala TFN. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4.7. Masing-masing kriteria pada matriks perbandingan skala TFN memiliki tiga variabel sebagai nilai bandingnya.

Variabel l untuk *lower bound*, m untuk *middle*, dan u untuk *upper bound*. Setengah diagonal matriks adalah nilai *inverse* dari setengah diagonal lainnya. Sehingga nilai dari $[l, m, u]^{-1} = [1/u, 1/m, 1/l]$.

Skala fuzzifikasi yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.4 Tiap skala AHP pada fuzzifikasi memiliki 3 variabel nilai yaitu *lower* (l), *middle* (m), dan *upper* (u). Nilai *middle* adalah nilai dari matriks perbandingan kriteria skala 1 hingga 9.

Tabel 4.11 Matriks Perbandingan Fuzzifikasi Kriteria

Kriteria	Tanaman			Batang			Daun			Akar			Buah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Tanaman	1	1	1	0.2	0.33	1	0.143	0.2	0.33	1	2	4	1	1	3
Batang	1	3	5	1	1	1	0.2	0.33	1	1	3	5	1	3	5
Daun	3	5	7	1	3	5	1	1	1	5	7	9	3	5	7
Akar	0.25	0.5	1	0.2	0.33	1	0.11	0.143	0.2	1	1	1	0.25	0.5	1
Buah	1	1	3	0.2	0.33	1	0.143	0.2	0.33	1	2	4	1	1	1

Sumber : [Perancangan]

4. Menghitung matriks sintesis fuzzy

Proses menghitung matriks sintesis fuzzy dilakukan setelah matriks fuzzifikasi berhasil didapatkan. Matriks sinFuzzy atau matriks sintesis fuzzy dihitung berdasarkan persamaan (2-5). Diagram alir perhitungan matriks sinFuzzy ditunjukkan pada Gambar 4.8.

Sintesis Fuzzy dihitung dengan cara jumlah nilai fuzzifikasi dalam satu baris untuk tiap variabel (l , m , dan u) dikalikan dengan invers dari jumlah keseluruhan tiap variabel (l , m , dan u). Jika matriks fuzzy = l , m , u , maka nilai dari fuzzy⁻¹ = $1/u$, m , l . Perhitungan dan penjabaran dari persamaan (2-5). Penggunaan rumus $\sum_{j=1}^g M_i^j$ memungkinkan objek pada kolom l , m , dan u dijumlahkan dalam satu baris.

Contoh perhitungan sintesis fuzzy pada kriteria tanaman. Jika pada baris pertama yaitu:

$$\text{Tanaman}_{j=1}=\{l_1, m_1, u_1\}, \text{Daun}_{j=2}=\{l_2, m_2, u_2\}, \text{Batang}_{j=3}=\{l_3, m_3, u_3\}, \\ \text{Akar}_{j=4}=\{l_4, m_4, u_4\}, \text{dan Buah}_{j=5}=\{l_5, m_5, u_5\}.$$

Maka :

$$= \sum_{j=1}^g l_j, \sum_{j=1}^g m_j, \sum_{j=1}^g u_j \\ = \{(l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5), (m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5), (u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + u_5)\} \\ = \{(1 + 0.2 + 0.143 + 1 + 1), (1 + 0.33 + 0.2 + 2 + 1), (1 + 1 + 0.33 + 4 + 3)\} \\ = \{3.342857, 4.5333, 9.3333\}$$

demikian dan seterusnya hingga indeks j yang terakhir. Selanjutnya dinyatakan:

$$\text{Tanaman}_{j=1}=\{l_1, m_1, u_1\}, \text{Daun}_{j=2}=\{l_2, m_2, u_2\}, \text{Batang}_{j=3}=\{l_3, m_3, u_3\}, \\ \text{Akar}_{j=4}=\{l_4, m_4, u_4\}, \text{dan Buah}_{j=5}=\{l_5, m_5, u_5\}.$$

Sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^g M_i^j = \sum_{j=1}^g C_1^j + \sum_{j=1}^g C_2^j + \sum_{j=1}^g C_3^j$$

$$\begin{aligned}
&= \sum_{i=1}^h l_i, \sum_{i=1}^h m_i, \sum_{i=1}^h u_i \\
&= \{(l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5), (m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5), (u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + u_5)\} \\
&= \{25.69683, \quad 42.87619, \quad 68.86667\}
\end{aligned}$$

Hasil matriks perhitungan sintensis fuzzy ditunjukkan pada tabel 4.12 :

Tabel 4.12 Matriks Perhitungan Sintensis Fuzzy

Kriteria	Jumlah Baris $\sum_{j=1}^g M_i^j$		
	<i>L</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
Tanaman	3.342857	4.533333	9.333333
Batang	4.2	10.333333	17
Daun	13	21	29
Akar	1.811111	2.47619	4.2
Buah	3.342857	4.533333	9.333333
Total Jumlah $\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^g M_i^j$	25.69683	42.87619	68.86667

Sumber : [Perancangan]

Keterangan:

M = objek (kriteria / subkriteria)

j = indeks ke-*j*

i = indeks ke-*i*

g = jumlah kriteria

h = jumlah kriteria

l = *lower bound*

m = *modal*

u = *upper bound*

Selanjutnya melakukan perhitungan dengan rumus Sintesis Fuzzy (Si) seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2-5), (2-6), dan (2-7).

$$\begin{aligned}
 S_i &= \sum_{j=1}^g M_i^j \times \left[\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^g M_i^j \right]^{-1} \\
 &= \sum_{j=1}^g l_j, \quad \sum_{j=1}^g m_j, \quad \sum_{j=1}^g u_j \times \frac{1}{\sum_{i=1}^h u_i, \sum_{i=1}^h m_i, \sum_{i=1}^h l_i} \\
 &= \frac{3.342857}{68.86667}, \quad \frac{4.53333}{42.87619}, \quad \frac{9.3333}{25.69683} \\
 &= 0.048541, \quad 0.105731, \quad 0.3632096
 \end{aligned}$$

Dimana:

M = objek (kriteria / subkriteria)

j = indeks ke-j

i = indeks ke-i

g = jumlah kriteria

h = jumlah kriteria

l = lower bound

m = modal

u = upper bound

Perhitungan menggunakan rumus diatas dilakukan hingga Sintesis ke-*i*, *i*=1, 2, 3, ..., *n*, dimana *n* adalah banyaknya kriteria. Hasil akhir perhitungan Sintesis Fuzzy ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Sintesis Fuzzy

Si			
Kriteria	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
Tanaman	0.048541	0.105731	0.3632096
Batang	0.060987	0.241004	0.6615603
Daun	0.188771	0.489782	1.1285441
Akar	0.026299	0.057752	0.1634443
Buah	0.048541	0.105731	0.3632096

Sumber : [Perancangan]

5. Menghitung nilai vektor dan nilai ordinat defuzzifikasi

Berdasarkan persamaan (2-6) dan (2-7) maka diperoleh nilai vektor dan nilai ordinat defuzzifikasi dari masing-masing kriteria. Nilai ordinat defuzzifikasi ditunjukkan pada Gambar 4.9.

Ditunjukkan persamaan (2-7):

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1 & \text{if } m_2 \geq m_1, \\ 0 & \text{if } l_1 \geq u_2, \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, \text{lainnya} \end{cases}$$

dan persamaan (2-8) serta (2-9):

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V(M \geq M_1) \text{ dan } V(M \geq M_2)$$

$$\text{dan } V(M \geq M_k) = \min V(M \geq M_i)$$

dimana:

$$M_1 = \{l_1, m_1, u_1\}$$

$$M_2 = \{l_2, m_2, u_2\}$$

$$M_k = \{l_k, m_k, u_k\}$$

Perhitungan nilai vektor dan ordinat defuzzifikasi pada bidang *programer* yang menggunakan 5 kriteria :

- a. Kriteria 1 VTanaman, nilainya adalah $VSTanaman \geq (VSTanaman, VSDaun, VSBatang, VSAkar, VSBuah)$.

Karena nilai $m_1 \geq m_1$ maka nilai $VSTanaman \geq VSTanaman$, $VSTanaman \geq VSAkar$, dan $VSTanaman \geq VSBuah$ adalah 1.

Untuk nilai $VSTanaman \geq VSBatang$ dan nilai $VSTanaman \geq VSDaun$ dihitung berdasarkan persamaan (2-7) karena $m_1 < m_2$ dan $l_2 < u_1$ maka:

$$VSTanaman \geq VSBatang = \frac{l_2 - u_1}{(m_1 - u_1) - (m_2 - l_2)}$$

$$= \frac{l_{batang} - u_{tanaman}}{(m_{tanaman} - u_{tanaman}) - (m_{batang} - l_{batang})}$$

$$= \frac{0.060987 - 0.3632096}{(0.105731 - 0.3632096) - (0.241004 - 0.060987)}$$

$$= 0.690801$$

Sehingga diperoleh nilai ordinat d' berdasarkan persamaan (2-8):

$$\begin{aligned} d'(VSTanaman) &= \min \{ (VSTanaman \geq VS_{Tanaman}), \\ & (VSTanaman \geq VSDaun), (VSTanaman \geq \\ & VSBatang), (VSTanaman \geq VSAkar), \\ & (VSTanaman \geq VSBuah) \} \\ &= \min (1, 0.690801, 0.31234, 1, 1) \\ &= 0.31234 \end{aligned}$$

- b. Kriteria VDaun, VBatang, Vbuah, dan Vakar dengan cara yang sama seperti kriteria 1 (VTanaman) maka nilai vektornya adalah ditunjukkan pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil Nilai Normalisasi Bobot Vektor

Vektor	M2					
	VTanaman	VBatang	VDaun	Vakar	VBuah	
M1	VTanaman	1	1	1	0.705439	1
	VBatang	0.690801	1	1	0.358606	0.690801
	VDaun	0.31234	0.655225	1	0	0.31234
	Vakar	1	1	1	1	1
	VBuah	1	1	1	0.705439	1
d' deFuzzyfikasi	0.31234	0.655225	1	0	0.31234	

Sumber : [Perancangan]

6. Melakukan Normalisasi Bobot Vektor

Normalisasi nilai bobot vektor diperoleh dengan persamaan (2-11), dimana tiap elemen bobot vektor dibagi dengan jumlah bobot vektor itu sendiri. Jumlah bobot normalisasi adalah bernilai 1. Diagram alir perhitungan bobot kriteria dapat ditunjukkan pada Gambar 4.10.

Untuk melakukan perhitungan normalisasi bobot vektor menggunakan persamaan (2-12).

$$W (d'(A_1), d(A_2), d(A_3), d(A_4), d(A_5)) = \frac{d'(VSTanaman), d'(VSBatang), d'(VSDaun), d'(VSAkar), d'(VSBuah)}{d'(VSTanaman) + d'(VSBatang) + d'(VSDaun) + d'(VSAkar) + d'(VSBuah)}$$

$$= \frac{0.31234, 0.655225, 1, 0, 0.31234}{2.279906}$$

$$= (0.136997, 0.287391, 0.4386146, 0, 0.136997)$$

Sehingga bobot kriteria yang diperoleh adalah :

Tanaman = 0.136997

Batang = 0.287391

Daun = 0.4386146

Akar = 0

Buah = 0.136997

Algoritma pada langkah 1 hingga 6 di atas juga digunakan untuk mencari bobot akhir alternatif. Untuk mencari bobot akhir alternatif maka perlu dihitung bobot alternatif untuk masing-masing kriteria. Berikut contoh perhitungan bobot alternatif yang dilakukan pada kriteria 1 (Tanaman).

Langkah 1: Menentukan Matriks Perbandingan Alternatif Kriteria Tanaman

Matriks perbandingan berpasangan ditentukan berdasarkan nilai hasil perbandingan yang sudah ditetapkan oleh pakar. Pakar memberikan nilai perbandingan berdasarkan pada tabel 4.15.

Tabel 4.15 Matriks Perbandingan Alternatif Kriteria Tanaman

Jenis Penyakit	Kriteria					Jumlah
	Tanaman	Batang	Daun	Akar	Buah	
Nematoda	2.1	0.4	0.95	1	0.85	4.8
Karat Daun	0.55	0.4	3.15	0.1	0.2	4.3
Bercak Daun	0.55	0.4	3.4	0.1	0.2	4.55
Antraknos	0.55	0.4	2.5	0.1	0.85	4.3
Jamur Upas	0.8	4	0.95	0.1	0.2	5.55

Sumber : [Perancangan]



Dalam perhitungan manualisasi berikut akan diberikan contoh perhitungan untuk jenis hama. Pada hama tanaman kopi *arabica* terdapat lima kriteria yang dipakai untuk penilaian yaitu tanaman, daun, dan batang, akar dan buah. Cara membandingkannya yaitu nilai pada kriteria tanaman dibandingkan dengan kriteria yang sama pada alternatif yang lain dengan menggunakan skala kepentingan 1 hingga 9 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2. Hasil perbandingan tersebut akan membentuk matriks perbandingan berpasangan alternatif.

Untuk menghitung perbandingan nilai tanaman diantara jenis hama mana yang lebih besar dan diberi nilai sesuai dengan skala kepentingan. Contoh kasus perbandingan alternatif pada kriteria 1 (tanaman) ditunjukkan pada Tabel 4.15 untuk masing-masing alternative jenis hama. Matriks tanaman untuk setiap alternative ditunjukkan pada table 4.16.

Tabel 4.16 Matriks Perbandingan Kriteria Tanaman untuk setiap Alternatif

	A	B	C	D	E	F
1	Tanaman	A1	A2	A3	A4	A5
2	A1	1	7	7	7	6
3	A2	0.142857	1	1	1	0.5
4	A3	0.142857	1	1	1	0.5
5	A4	0.142857	1	1	1	0.5
6	A5	0.166667	2	2	2	1
	Total kolom	1.595238	12	12	12	8.5

Sumber : [Perbandingan]

Keterangan :

A1 : Nematoda

A4 : Antraknos

A2 : Karat Daun

A5 : Jamur upas

A3 : Bercak Daun

Langkah 2: Cek Konsistensi

Pada langkah ini akan dicari nilai konsistensi matriks perbandingan berpasangan dari alternatif. Cara menghitung konsistensi sama seperti langkah 2 pada perhitungan konsistensi perbandingan kriteria sebelumnya yaitu:

a. Melakukan normalisasi matriks perbandingan alternatif

Langkah berikutnya adalah melakukan normalisasi data dengan cara membagi setiap elemen dengan total kolomnya. Tabel menunjukkan hasil normalisasi dari matriks perbandingan alternatif.

Untuk menghitung kolom B2 , menggunakan persamaan 2-1:

$$B2 = \frac{\text{Tanaman A1}}{\text{Total Kolom}} = \frac{1.00}{1.595238} = 0.626866$$

Untuk mencari nilai selanjutnya sama seperti mencari nilai B2

Untuk mencari total baris , langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

Pada tabel

Nilai pada kolom B2 dijumlahkan dengan nilai pada kolom C2, dijumlahkan dengan nilai pada kolom D2, dijumlahkan dengan nilai pada kolom E2 dan F2 .

$$\begin{aligned} G2 &= B2 + C2 + D2 + E2 + F2 \\ &= 0.44444 + 0.461538 + 0.461538 + 0.461538 + 0.363636 \\ &= 4.135338 \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai total baris pada kolom G3, G4, G5 dan G6 langkah-langkah perhitungan sama seperti G2. Hasil perhitungan normalisasi matriks perbandingan alternatif di tunjukkan pada tabel 4.18.

Tabel 4.17 Normalisasi Matriks Perbandingan Alternatif

	A	B	C	D	E	F	G
1	Tanaman	A1	A2	A3	A4	A5	Total Baris
2	A1	0.626866	0.583333	0.583333	0.583333	0.705882	3.082748
3	A2	0.089552	0.083333	0.083333	0.083333	0.058824	0.398376
4	A3	0.089552	0.083333	0.083333	0.083333	0.058824	0.398376
5	A4	0.089552	0.083333	0.083333	0.083333	0.058824	0.398376
6	A5	0.104478	0.166667	0.166667	0.166667	0.117647	0.722125
Total Baris		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	5.0000

Sumber : [Perancangan]

Keterangan :

A1 : Nematoda A3 : Bercak Daun A5 : Jamur upas

A2 : Karat Daun A4 : Antraknos

b. Menghitung bobot alternatif

Bobot alternatif dicari dengan cara melakukan perhitungan rata-rata nilai normalisasi untuk setiap barisnya. Tabel 4.18 menunjukkan hasil dari perhitungan bobot alternatif.

Tabel 4.18 Nilai Bobot Alternatif

Tanaman	A1	A2	A3	A4	A5	Total Baris	Bobot Alternatif
A1	0.6268	0.5833	0.5833	0.5833	0.7058	3.082	0.616
A2	0.0895	0.0833	0.0833	0.0833	0.0588	0.398	0.0796
A3	0.0895	0.0833	0.0833	0.0833	0.0588	0.398	0.0796
A4	0.0895	0.0833	0.0833	0.0833	0.0588	0.398	0.0796
A5	0.1044	0.1666	0.1666	0.1666	0.1176	0.722	0.1444
Total Baris	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	5.0000	1.0000

Sumber : [Perancangan]

Keterangan :

A1 : Nematoda

A4 : Antraknos

A2 : Karat Daun

A5 : Jamur upas

A3 : Bercak Daun

c. Mencari nilai lamda maksimum

Untuk menghitung λ maksimum maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- 1) Matriks perbandingan berpasangan tabel 4.16 dikalikan dengan bobot kriteria tabel 4.18. Vektor baru tersebut dinyatakan sebagai vektor jumlah bobot.

$$\begin{bmatrix} 1 & 7 & 7 & 7 & 6 \\ 0.142 & 1 & 1 & 1 & 0.5 \\ 0.142 & 1 & 1 & 1 & 0.5 \\ 0.142 & 1 & 1 & 1 & 0.5 \\ 0.166 & 2 & 2 & 2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.61655 \\ 0.079675 \\ 0.079675 \\ 0.079675 \\ 0.144425 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.156277 \\ 0.399316 \\ 0.399316 \\ 0.399316 \\ 0.725234 \end{bmatrix}$$

- 2) Nilai dari vektor jumlah bobot dibagi dengan nilai yang berpasangan dari bobot prioritas dan dinyatakan hasilnya sebagai nilai prioritas.

$$\begin{aligned} \text{Nilai prioritas} &= \left[\frac{3.156277}{0.61655}, \frac{0.399316}{0.079675}, \frac{0.399316}{0.079675}, \frac{0.399316}{0.079675}, \frac{0.725234}{0.144425} \right] \\ &= [5.11926, 5.011806, 5.011806, 5.011806, 5.02153] \end{aligned}$$

- 3) Menghitung rata-rata dari nilai pada langkah ke-2 diatas dan hasilnya dinotasikan dengan λ_{maks}

$$\begin{aligned} \lambda_{maks} &= \frac{5.11926 + 5.011806 + 5.011806 + 5.011806 + 5.02153}{5} \\ &= 5.035242 \end{aligned}$$

d. Mencari nilai *Consistency Ratio* (CR)

Perhitungan nilai CR untuk mengetahui konsistensi perbandingan kriteria menggunakan persamaan (2-5). Nilai RI dapat dilihat pada Tabel 2.5.

$$\begin{aligned} CI &= \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \\ &= \frac{5.035242 - 5}{5 - 1} = 0.00881 \end{aligned}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \text{ dengan } n = 5, \text{ maka } RI = 1.12$$

sehingga,

$$\begin{aligned} CR &= \frac{0.00881}{1.12} \\ &= 0.007866 \end{aligned}$$

Didapatkan nilai $CR < 0.1$ sehingga matriks perbandingan berpasangan pada alternatif dapat dikatakan konsisten.

Langkah 3: Mencari Nilai Matriks Perbandingan Alternatif Menggunakan Skala TFN

Pada langkah ini akan dicari nilai matriks perbandingan alternatif dalam skala TFN sama seperti langkah 3 pada perhitungan matriks perbandingan yang dilakukan pada kriteria. Skala fuzzifikasi yang digunakan seperti yang

ditunjukkan pada Tabel 2.4. Hasil transformasi nilai perbandingan alternatif pada kriteria Tanaman dapat ditunjukkan pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Nilai Matriks Perbandingan Alternatif Menggunakan Skala TFN

K1	A1			A3			A4			A5					
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>												
A1	1	1	1	5	7	9	5	7	9	5	7	9	4	6	8
A2	0.111	0.142	0.2	1	1	1	1	1	3	1	1	3	0.25	0.5	1
A3	0.111	0.142	0.2	1	1	3	1	1	1	1	1	3	0.25	0.5	1
A4	0.111	0.142	0.2	1	1	3	1	1	3	1	1	1	0.25	0.5	1
A5	0.125	0.166	0.25	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	1	1

Sumber : [Perancangan]

Masing-masing kriteria pada matriks perbandingan skala TFN memiliki tiga variabel sebagai nilai bandingnya. Variabel *l* untuk *lower bound*, *m* untuk *middle*, dan *u* untuk *upper bound*.

Langkah 4: Menghitung Nilai Sintesis Fuzzy

Dari hasil fuzzifikasi dapat ditentukan nilai sintesis *fuzzy* menggunakan persamaan (2-5) dan (2-6) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.21.

Perhitungan dan penjabaran dari persamaan (2-4). Penggunaan rumus

$\sum_{j=1}^g M_i^j$ memungkinkan objek pada kolom *l*, *m*, dan *u* dijumlahkan untuk setiap

alternatif. Berikut contoh perhitungan sintesis *fuzzy* untuk alternatif A1. Jika pada baris pertama yaitu:

$$A_{j=1}=\{l_1, m_1, u_1\}, A_{j=2}=\{l_2, m_2, u_2\}, A_{j=3}=\{l_3, m_3, u_3\}, A_{j=4}=\{l_4, m_4, u_4\}, \\ A_{j=5}=\{l_5, m_5, u_5\}$$

maka:

$$\sum_{j=1}^g M_i^j = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

$$= \sum_{j=1}^g l_j, \sum_{j=1}^g m_j, \sum_{j=1}^g u_j$$

$$= \{(l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5), (m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5), (u_1 +$$

$$u_2 + u_3 + u_4 + u_5))\}$$

$$= \{(1+5+5+5+4), (1+7+7+7+6), (1+9+9+9+8)\}$$

$$= (20, 28, 36)$$

Tabel 4.20 Nilai Sintesis *Fuzzy*

K1	$S_i \sum_{j=1}^g M_i^j$		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
A1	20	28	36
A2	3.361111	3.642857	8.2
A3	3.361111	3.642857	8.2
A4	3.361111	3.642857	8.2
A5	4.125	7.166667	13.25
Total $\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^g M_i^j$	34.20833	46.09524	73.85

Sumber : [Perancangan]

demikian dan seterusnya hingga indeks *j* yang terakhir. Perhitungan menggunakan rumus diatas dilakukan hingga Sintesis ke-*i*, $i=1, 2, 3, \dots, n$, dimana *n* adalah banyaknya kriteria. Hasil akhir perhitungan Sintesis *Fuzzy* ditunjukkan pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Hasil akhir perhitungan Sintesis *Fuzzy*

K1	<i>S_i</i>		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
A1	0.270819	0.607438	1.052375
A2	0.045513	0.079029	0.239708
A3	0.045513	0.079029	0.239708
A4	0.045513	0.079029	0.239708
A5	0.055856	0.155475	0.387333

Sumber : [Perancangan]

Langkah 5: Menghitung Nilai Vektor dan Nilai Ordinat Defuzzifikasi

Setelah dilakukan perbandingan nilai sintesis *fuzzy* akan diperoleh nilai ordinat defuzzifikasi (d') minimum sama seperti langkah 5 pada perhitungan nilai vektor dan ordinat defuzzifikasi untuk kriteria. Berikut ditunjukkan persamaan (2-7):

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1 & \text{if } m_2 \geq m_1, \\ 0 & \text{if } l_1 \geq u_2, \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{lainnya} \end{cases}$$

dan persamaan (2-7):

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V(M \geq M_1) \text{ dan } V(M \geq M_2)$$

$$\text{dan } V(M \geq M_k) = \min V(M \geq M_i)$$

dimana:

$$M_1 = \{l_1, m_1, u_1\}$$

$$M_2 = \{l_2, m_2, u_2\}$$

$$M_k = \{l_k, m_k, u_k\}$$

Berikut adalah perhitungan nilai vektor dan ordinat defuzzifikasi pada kriteria 1 Tanaman yang menggunakan 5 alternatif.

- a. Alternatif 1 (A1), nilai vektornya adalah $VSA1 \geq (VSA1, VSA2, VSA3, VSA4, VSA5)$. Karena nilai $m_1 \geq m_1$ maka nilai $VSK1 \geq VSK1$ adalah 1. Begitu juga dengan nilai $VSA1 \geq VSA2$, $VSA1 \geq VSA3$, $VSA1 \geq VSA4$, $VSA1 \geq VSA5$ menghasilkan nilai 1 karena $m_1 \geq m_2$, $m_1 \geq m_3$, $m_1 \geq m_4$, $m_1 \geq m_5$. Sehingga diperoleh nilai ordinat d' berdasarkan persamaan (2-8):

$$d'(VSA1) = \min \left\{ \begin{array}{l} (VSA1 \geq VSA1), (VSA1 \geq VSA2), \\ , (VSA1 \geq VSA3), \\ (VSA1 \geq VSA4), (VSA1 \geq VSA5) \end{array} \right\}$$

$$= \min\{1, 1, 1, 1, 1\}$$

$$= 1$$

- b. Alternatif 2 (A2), dengan cara yang sama seperti alternatif 1 Nematoda (A1) maka nilai vektornya adalah:

$$VSA2 \geq (VSA1, VSA2, VSA3, VSA4, VSA5)$$

Untuk $VSA2 \geq VSA5$, karena nilai m_2 tidak lebih besar dari m_1 ($m_2 < m_1$) dan l_1 tidak lebih besar dari u_2 ($l_1 < u_2$) maka nilai vektor dihitung menggunakan persamaan (2-7) sehingga:

$$VSA2 \geq VSA2 = 0$$

$$VSA2 \geq VSA2 = 1$$

$$VSA2 \geq VSA3 = 1$$

$$VSA2 \geq VSA4 = 1$$

$$\begin{aligned} VSA2 \geq VSA5 &= \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} \\ &= \frac{0.055856 - 0.239708}{(0.079029 - 0.239708) - (0.155475 - 0.055856)} \\ &= 0.706312 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh nilai ordinat d' ,

$$\begin{aligned} d'(VSA2) &= \min \left\{ \begin{array}{l} (VSA2 \geq VSA1), (VSA2 \geq VSA2), \\ (VSA2 \geq VSA3), \\ (VSA2 \geq VSA4), (VSA2 \geq VSA5) \end{array} \right\} \\ &= 0 \end{aligned}$$

c. Alternatif 3 (A3), dengan alternatif 2 (A2) :

$$VSA3 \geq (VSA1, VSA2, VSA3, VSA4, VSA5)$$

$$VSA3 \geq VSA1 = 0$$

$$VSA3 \geq VSA2 = 1$$

$$VSA3 \geq VSA3 = 1$$

$$VSA3 \geq VSA4 = 1$$

$$VSA3 \geq VSA5 = 0.706312$$

Sehingga diperoleh nilai ordinat d' ,

$$\begin{aligned} d'(VSA3) &= \min \left\{ \begin{array}{l} (VSA3 \geq VSA1), (VSA3 \geq VSA2), \\ (VSA3 \geq VSA3), \\ (VSA3 \geq VSA4), (VSA3 \geq VSA5) \end{array} \right\} \\ &= 0.706312 \end{aligned}$$

- d. Alternatif 4 (A4), sama dengan alternative 3 (A3) dan alternatif 2 (A2) karena memiliki nilai sintesis fuzzy yang sama

$$VSA4 \geq (VSA1, VSA2, VSA3, VSA4, VSA5)$$

$$VSA4 \geq VSA1 = 0$$

$$VSA4 \geq VSA2 = 1$$

$$VSA4 \geq VSA3 = 1$$

$$VSA4 \geq VSA4 = 1$$

$$VSA4 \geq VSA5 = 0.706312$$

Sehingga diperoleh nilai ordinat d' ,

$$d'(VSA4) = \min \left\{ \begin{array}{l} (VSA4 \geq VSA1), (VSA4 \geq VSA2), \\ (VSA4 \geq VSA3), \\ (VSA4 \geq VSA4), (VSA4 \geq VSA5) \end{array} \right\}$$

$$= 0.706312$$

Alternatif 5 (A5), dengan cara yang sama seperti alternatif 1 (A1) maka nilai vektornya adalah:

$$VSA5 \geq (VSA1, VSA2, VSA3, VSA4, VSA5)$$

$$VSA5 \geq VSA1 = 0.204957$$

$$VSA5 \geq VSA2 = 1$$

$$VSA5 \geq VSA3 = 1$$

$$VSA5 \geq VSA4 = 1$$

$$VSA5 \geq VSA5 = 1$$

Sehingga diperoleh nilai ordinat d' ,

$$d'(VSA5) = \min \left\{ \begin{array}{l} (VSA5 \geq VSA1), (VSA5 \geq VSA2), \\ (VSA5 \geq VSA3), \\ (VSA5 \geq VSA4), (VSA5 \geq VSA5) \end{array} \right\}$$

$$= 0.204957$$

Berdasarkan nilai ordinat A1, A2, A3, A4, dan A5, maka nilai bobot vektor dapat ditentukan sebagai berikut:

$$W' = (d'(VSA1), d'(VSA2), d'(VSA3), d'(VSA4), d'(VSA5))$$

$$= (1, 0, 0, 0, 0.204957)$$

Langkah 6: Melakukan Normalisasi Bobot Vektor

Berikut perhitungan normalisasi bobot vektor alternatif menggunakan persamaan (2-12) sama seperti langkah 6 pada perhitungan bobot kriteria.

$$\begin{aligned}
 W(d(A_1), d(A_2), d(A_3)) &= \frac{d'(VSA1), d'(VSA2), d'(VSA3), d'(VSA4), d'(VSA5)}{d'(VSA1) + d'(VSA2) + d'(VSA3) + d'(VSA4) + d'(VSA5)} \\
 &= \frac{1}{1.204957} \quad \frac{0}{1.204957} \quad \frac{0}{1.204957} \quad \frac{0}{1.204957} \quad \frac{0.204957}{1.204957} \\
 &= (0.829905, 0, 0, 0, 0.170095)
 \end{aligned}$$

Sehingga bobot alternative pada kriteria tanaman yang diperoleh adalah :

$$A1 = 0.829905$$

$$A2 = 0$$

$$A3 = 0$$

$$A4 = 0$$

$$A5 = 0.170095$$

Demikian pula dengan bobot alternatif pada kriteria 2 (batang), kriteria 3 (daun), kriteria 4 (akar), dan kriteria (buah) dihitung menggunakan cara yang sama dengan perhitungan bobot alternatif pada kriteria 1 (tanaman). Sehingga didapatkan bobot alternatif untuk masing-masing kriteria seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Nilai Bobot Alternatif pada masing-masing Kriteria

	Alternatif	Bobot Alternatif Matriks A				
		Tanaman K1	Batang K2	Daun K3	Akar K4	Buah K5
A1	Nematoda	0.829905	0	0.051152	0.480527	0.258661
A2	Karat Daun	0	0	0.328174	0.129868	0.160893
A3	Bercak Daun	0	0	0.310222	0.129868	0.160893
A4	Antraknos	0	0	0.256822	0.129868	0.258661
A5	Jamur Upas	0.170095	1	0.05363	0.129868	0.160893

Sumber : [Perancangan]

Hasil akhir ditentukan dengan cara melakukan perkalian antara matriks bobot kriteria (matriks $X_{g \times 1}$) dengan matriks bobot alternatif (matriks $A_{a \times g}$), dimana g adalah banyaknya kriteria dan a adalah banyaknya alternatif. Keluaran berupa perankingan alternatif berdasarkan bobot akhir.

Bobot kriteria dapat ditunjukkan pada Tabel 4.24.

Tabel 4.23 Nilai bobot Kriteria

Kriteria	Bobot Kriteria (matriks x)
Tanaman	0.136997
Batang	0.287391
Daun	0.438615
Akar	0
Buah	0.136997

Sumber : [Perancangan]

Dilakukan perkalian matriks antara tabel 4.22 dengan tabel 4.23 maka diperoleh nilai seperti pada tabel 4.24

Tabel 4.24 Hasil Akhir

A1	0.171566
A2	0.165984
A3	0.15811
A4	0.148081
A5	0.356259

Sumber : [Perancangan]

Hasil akhir menunjukkan bahwa A5 memiliki bobot paling tinggi yaitu 0.356259. Sehingga alternatif A5 Jamur Upas adalah jenis penyakit paling tinggi yang menyerang tanaman kopi *Arabica*.

4.3.3. Blackboard

Blackboard merupakan area memori yang berfungsi sebagai basis data untuk merekan hasil sementara. Pada sistem pakar identifikasi hama penyakit tanaman kopi *arabica*, data yang disimpan pada area ini data masukan dari petani dan nilai perhitungan tiap gejala.

4.3.4. Fasilitas Penjelasan

Pada umumnya, fasilitas penjelasan berisi tuntunan penggunaan aplikasi sistem pakar dan bagaimana kesimpulan bisa diambil. Fasilitas penjelasan ini penting untuk memberikan informasi kepada para pengguna mengenai manfaat dari sistem pakar identifikasi hama dan identifikasi penyakit pada tanaman kopi *arabica*.

4.3.5. Perancangan Algoritma Sistem Pakar Identifikasi Hama dan Penyakit Tanaman Kopi *Arabica*

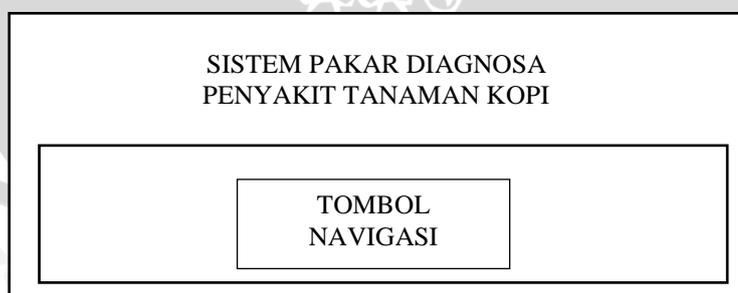
Proses deteksi hama penyakit tanaman kopi *Arabica* dilakukan dengan memasukkan inputan jawaban ya atau tidak pada halaman diagnosa penyakit. Setelah selesai menjawab pertanyaan dan menekan tombol *proses*, maka dapat dilakukan proses identifikasi perhitungan dengan menggunakan *Fuzzy AHP* dan akan keluar kesimpulan penyakit beserta pengendaliannya.

4.3.6. Antarmuka

Antarmuka sistem pakar merupakan subsistem yang berfungsi untuk menjadi sarana komunikasi pengguna dengan sistem. Perancangan antarmuka dari sistem ini akan dijelaskan melalui desain antarmuka tiap halaman. Subsistem ini dibuat untuk menggambar sistem yang akan dibuat.

4.3.6.1. Halaman Utama

Halaman utama merupakan halaman awal dari aplikasi sistem pakar ini. Halaman ini terdapat beberapa menu navigasi diantaranya Halaman diagnosa, Halaman Bantuan dan Halaman informasi tentang penyakit tanaman kopi seperti ditunjukkan pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Perancangan Antarmuka Halaman Halaman Utama

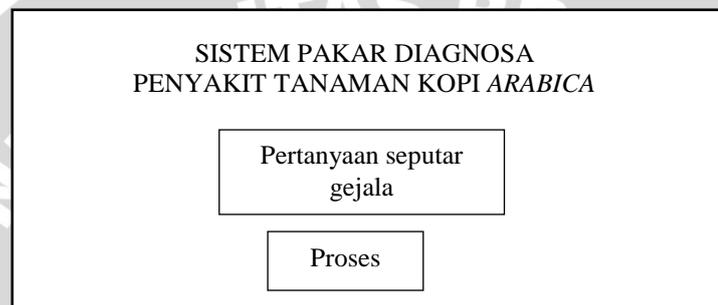
Sumber : [Perancangan]

Keterangan Gambar :

1. Tombol Navigasi adalah bagian yang terdiri dari tiga tombol navigasi yaitu diagnosa penyakit, about, dan informasi penyakit kopi
2. Field Informasi Tentang kopi adalah bagian tentang informasi tentang kopi *Arabica*.

4.3.6.2. Halaman Diagnosa Penyakit

Halaman Diagnosa Penyakit merupakan antarmuka yang digunakan oleh petani yang berisi pertanyaan seputar gejala dan disini petani menjawab pertanyaan itu. Antarmuka halaman ini ditunjukkan pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Perancangan Antarmuka Halaman Diagnosa Penyakit

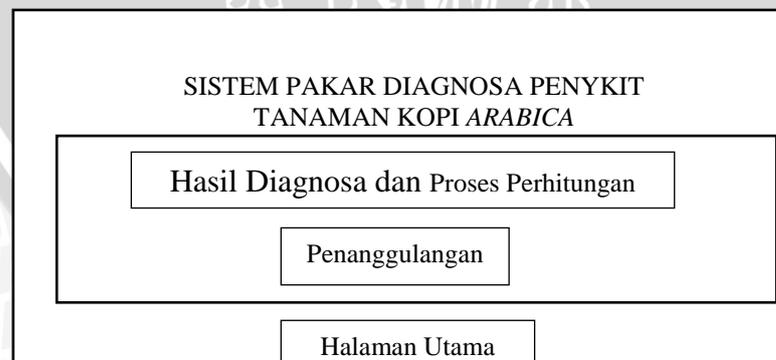
Sumber : [Perancangan]

Keterangan Gambar :

1. Field pertanyaan berisi pertanyaan seputar gejala
2. Tombol proses berfungsi untuk memproses inputan dari petani.

4.3.6.3. Halaman Hasil

Halaman Hasil merupakan antarmuka hasil diagnosa penyakit tanaman kopi *arabica*. Perancangan tampilan ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Perancangan Antarmuka Halaman Identifikasi

Sumber : [Perancangan]

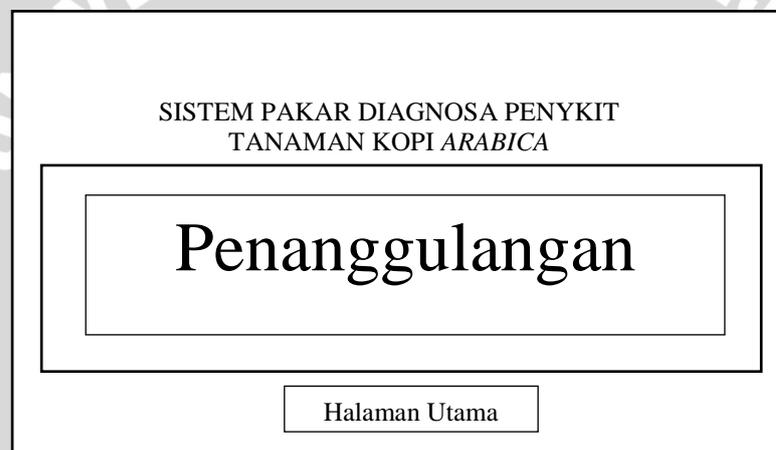
Keterangan Gambar :

1. Tombol halaman utama berfungsi kembali ke halaman utama.
2. Field diagnosa berisi data inputan petani beserta hasil identifikasi.
3. Tombol penanggulangan untuk menampilkan penanggulangan penyakit.

4.3.6.4. Halaman Penanggulangan Penyakit

Halaman penanggulangan penyakit merupakan penanggulangan penyakit setelah didiagnosa yang berisi tentang penanggulanagan dan informasi penyakit tersebut. Perancangan antarmuka ditunjukkan pada gambar 4.15.

Penanggulangan penyakit sesuai dengan penyakit yang didiagnosa oleh sistem melalui pertanyaan sebelumnya yang sudah dijawab oleh pengguna.



Gambar 4.15 Perancangan Antarmuka Halaman Penanggulangan

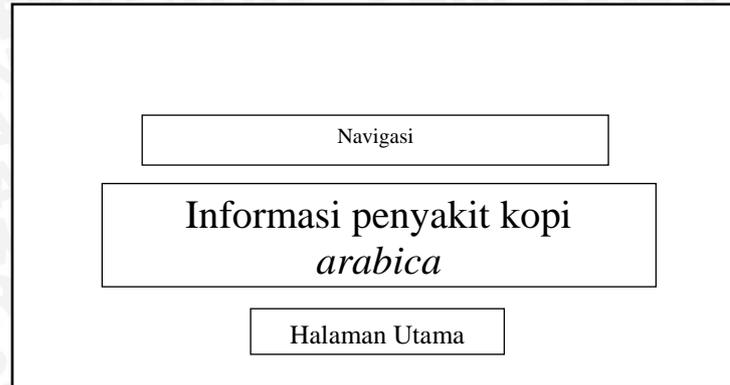
Sumber : [Perancangan]

Keterangan Gambar :

1. Tombol halaman utama berfungsi kembali ke halaman utama
2. *Field* penanggulangan berisi tentang penanggulangan penyakit.

4.3.6.4. Halaman Informasi Penyakit

Halaman ini merupakan halaman tentang penyakit apa saja yang dapat menyerang tanaman kopi *arabica*. Pada halaman ini petani hanya dapat sekedar mencari tahu tentang penyakit-penyakit yang ada. Perancangan antarmuka pada halaman ini ditunjukkan pada gambar 4.16.



Gambar 4.16 Perancangan Antarmuka Halaman Informasi Penyakit

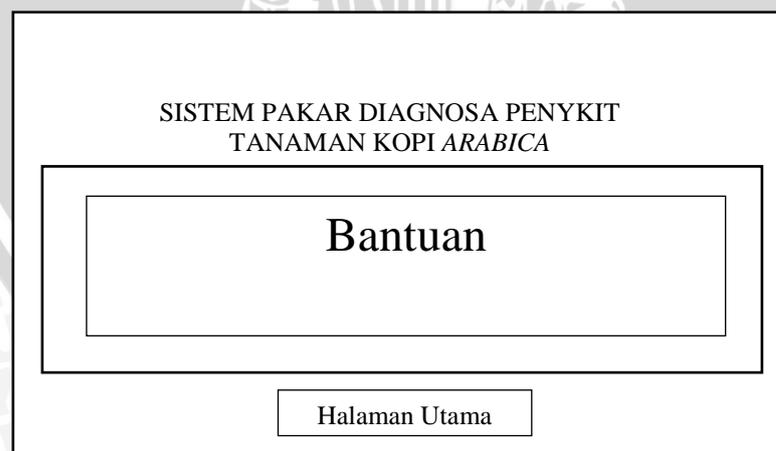
Sumber :[Perancangan]

Keterangan Gambar :

1. Tombol navigasi berfungsi untuk navigasi setiap penyakit.
2. Field Informasi Penyakit berupainformasi penyakit apa saja yang dapat menyerang tanaman kopi *Arabica*.
3. Tombol halaman utama berfungsi kembali ke halaman utama.

4.3.6.5. Halaman About

Halaman ini merupakan halaman yang berfungsi untuk menampilkan bantuan menggunakan sistem informasi ini agar petani tidak kebingungan daam menggunakannya. Perancangan antarmuka halaman ini ditunjukkan pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 Perancangan Antarmuka Halaman Bantuan

Sumber :[Perancangan]

Keterangan Gambar :

1. Tombol kembali berfungsi kembali ke halaman utama sistem.
2. Field Bantuan berupa informasi bantuan tentang penggunaan sistem pakar ini.



BAB IV	34
PERANCANGAN	34
4.1. Analisa Kebutuhan Perangkat Lunak	35
4.1.1. Identifikasi Pengguna	35
4.1.2. Analisa Kebutuhan Masukan	35
4.1.3. Analisa Kebutuhan Proses	37
4.1.4. Analisa Kebutuhan Keluaran	37
4.2. Perancangan Perangkat Lunak	37
4.3. Perancangan Sistem Pakar	38
4.3.1. Akuisisi Pengetahuan	39
4.3.2. Basis Pengetahuan	42
4.3.3. Mesin Inferensi	44
4.3.3. Blackboard	74
4.3.4. Fasilitas Penjelasan	75
4.3.5. Perancangan Algoritma Sistem Pakar Identifikasi Hama dan Penyakit Tanaman Kopi Arabica	75
4.3.6. Antarmuka	75

