

repository.ub.ac.id

**PEMODELAN SISTEM PAKAR DIAGNOSA HAMA PENYAKIT PADA
TANAMAN PEPAYA DENGAN MENGGUNAKAN METODE *DEMPSTER-
SHAFFER***

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

Ahsan Fikri Al Hakim

NIM: 115060801111038



PROGRAM STUDI INFORMATIKA / ILMU KOMPUTER
PROGRAM TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2016

PENGESAHAN

PEMODELAN SISTEM PAKAR DIAGNOSA HAMA PENYAKIT PADA TANAMAN
PEPAYA DENGAN MENGGUNAKAN METODE *DEMPSTER-SHAFER*

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :

Ahsan Fikri Al Hakim

NIM: 115060801111038

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
24 Maret 2016

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Nurul Hidayat, S.Pd, M.Sc.
NIP. 19680430 200212 1 001

Ir.Sutrisno, M.T.
NIP. 19570325 198701 1 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Informatika/Ilmu Komputer

Drs. Marji, M.T.
NIP. 19670801 199203 1 001

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, 24 Maret 2016



Ahsan Fikri AlHakim
NIM: 115060801111038

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah SWT Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran-Nya, karena hanya atas rahmat, pertolongan dan kasih sayang-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pemodelan Sistem Pakar Diagnosa Hama Penyakit Pada Tanaman Pepaya Dengan Menggunakan Metode *Dempster-Shafer*” dengan baik. Shalawat serta salam atas junjungan nabi besar kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat sekalian.

Melalui kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini. Pihak-pihak tersebut antara lain :

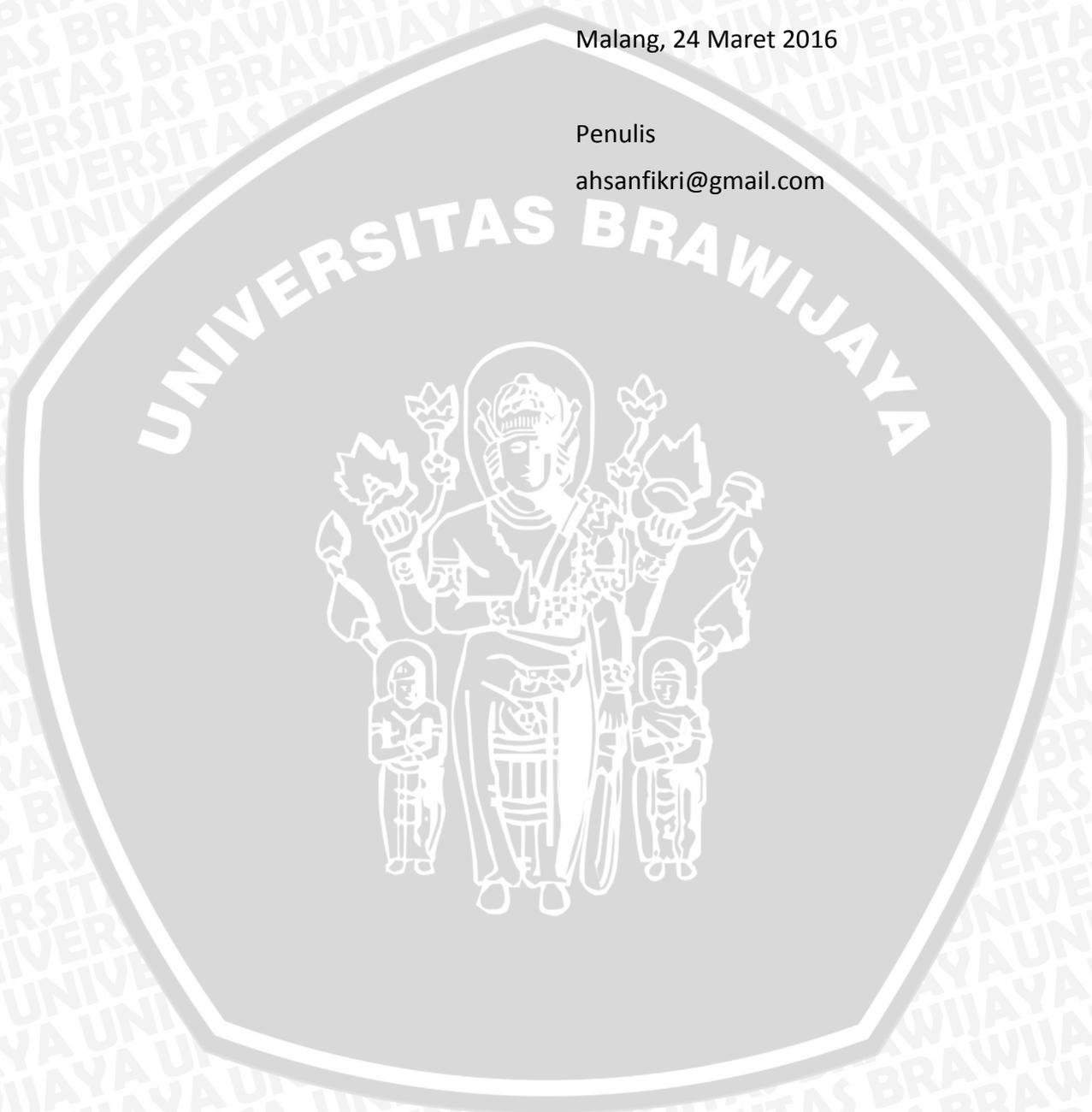
1. Kedua orang tua penulis yang telah memberi motivasi, kasih sayang serta dukungan moril dan materil kepada penulis. Serta keluarga, kakak, dan adik-adik dari penulis, terutama bude penulis yang telah memberikan semangat.
2. Bapak Nurul Hidayat, S.Pd, M.Sc. dan Bapak Ir.Sutrisno, M.T. Selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, ilmu dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Sabriansyah Rizqika Akbar, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan, ilmu dan saran selama penulis belajar.
4. Seluruh dosen Program Studi Informatika/Ilmu Komputer atas kesediaannya membagi ilmunya kepada penulis.
5. Seluruh teman-teman kuliah khususnya TIF-E 2011, serta semua teman-teman angkatan 2012, 2011, 2010, dan 2009 terimakasih atas segala bantuannya selama menjadi mahasiswa serta dukungannya dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman-teman dekat penulis Novita Putri, Versa, Amel, Chontry, Maslukah, Dian Setyo, Fais, Hery, Gugus, Ujik, Angga, Rizky, Pandu, Elha, Sandi, Gita, Angga Huda, Valerian, Itto, Umar, Wiki, Julian, dan teman-teman yang lainnya terima kasih atas dukungannya mulai dari sebelum menjadi mahasiswa hingga memperoleh gelar Sarjana Komputer.
7. Pembimbing dan teman-teman magang kerja penulis di PT. Surplus Motivasi Indonesia, Bapak Syamsudin Machfoedz, Pramanda Nalang, David Ming, Lutvi, Hafidz, Widhi, Clarisa, Annisa, Alfian, Dzakir, Yessy, Indri, Melin, Debby, Rosita, Firda, Nana, Amrul, Tiesa, Arni, dan Maestro.
8. Sahabat-sahabat SMA Negeri 1 Sumberrejo Bojonegoro serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung demi terselesaikannya skripsi ini.

Semoga jasa dan amal baik kita semua mendapatkan balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran untuk kesempurnaan skripsi ini, senantiasa penulis harapkan dari berbagai pihak.

Malang, 24 Maret 2016

Penulis

ahsanfikri@gmail.com



ABSTRAK

Ahsan Fikri Al Hakim. 2016. : **Pemodelan Sistem Pakar Diagnosa Hama Penyakit Pada Tanaman Pepaya Dengan Menggunakan Metode Dempster-Shafer.** Skripsi Program Studi Informatika/Illmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya. Dosen Pembimbing : Nurul Hidayat, S.Pd, M.Sc. dan Ir.Sutrisno, M.T.

Pepaya (*Carica Pepaya L.*) merupakan jenis buah tropis yang mengandung banyak vitamin dan mineral. Indonesia menjadi salah satu Negara yang secara konsisten menjadi penghasil utama pepaya di dunia. Namun menurut data Badan Pusat Statistik, produksi buah pepaya di Indonesia pada tahun 2010 menurun sekitar 12,6% dibanding tahun 2009, yaitu dari 772.844 ton menjadi 675.801 ton (Utari Saraswati et al. 2013). Penurunan hasil panen tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti faktor iklim yang tidak menentu serta serangan hama dan penyakit. Di sisi lain menurut pakar hama penyakit tanaman pepaya dari BPTP Jawa Timur Prof. Dr. Ir. Moh. Cholil Mahfud, M.S, penyuluh dan petani masih memiliki pemahaman yang rendah tentang hama penyakit pada tanaman pepaya meskipun sudah diberikan training karena beberapa hama penyakit memiliki gejala yang hampir sama. Kemudian satu tanaman pepaya dapat terserang lebih dari satu jenis hama penyakit. Karena pentingnya diagnosa hama penyakit pada tanaman pepaya dibutuhkan sebuah sistem pakar untuk membantu petani dan penyuluh dalam mendiagnosa hama penyakit pada tanaman pepaya serta diharapkan dengan adanya sistem tersebut produksi pepaya semakin meningkat. Dalam sistem pakar ini dibutuhkan sebuah metode untuk mempermudah pengguna dalam melakukan diagnosa hama penyakit pada tanaman pepaya. *Dempster-Shafer* adalah salah satu teori matematika untuk pembuktian berdasarkan *belief functions and plausible reasoning* (fungsi kepercayaan dan pemikiran yang masuk akal), yang digunakan untuk mengkombinasikan potongan informasi terpisah (bukti) untuk mengkalkulasi kemungkinan dari suatu peristiwa [DAH-13]. Dalam sistem ini pengguna memasukkan gejala-gejala pada tanaman pepaya dan sistem akan memberikan hasil keluaran berupa diagnosa hama penyakit yang dialami oleh tanaman pepaya tersebut. Hasil pengujian menunjukkan uji validasi fungsional sistem sebesar 100% dan hasil uji akurasi sebesar 96%.

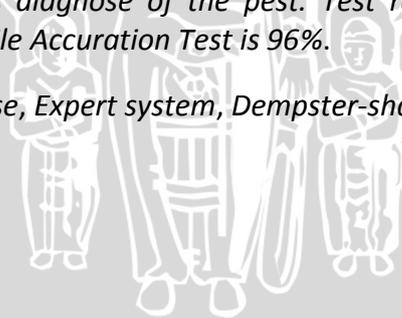
Kata Kunci : Pepaya, Diagnosa, Sistem pakar, *Dempster-shafer*.

ABSTRACT

Ahsan Fikri Al Hakim. 2016. : Modeling Disease Diagnosis Expert System For Papaya Plants Using *Dempster-Shafer* Method. Skripsi Program Studi Informatika/Illmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya. Supervisors Nurul Hidayat, S.Pd, M.Sc. dan Ir.Sutrisno, M.T.

Papaya (Carica Pepaya L.) is a kind of tropical fruit that contain many vitamin and minerals. Indonesia is one of the country that consistently produces Papaya. But, according to Indonesian's BPP (Badan Pusat Statistik) production of Papaya decreased around 12.6% in 2010 from 772.844 ton to 675.801 ton (Utari Saraswati et al. 2013). This Decrease is caused from some factor, like uncertain climate, pests, and sickness. According to Prof. Dr. Ir. Moh. Cholil Mahfud, M.S. only have low knowledge about Papaya's pests although they are already get training because some of the sickness have similar symptoms and one Papaya can get more than one kind of pest and sickness. Because of the importance of diagnosing Papaya's pest, there is a need for Expert System that can help farmer and instructor diagnosing Papaya's pest and this expert system also expected so that it can help increasing Papaya's production. This Expert System needs a method that can help user in diagnosing Papaya's pest,. One of the Mathematic theory for proving based from belief functions and plausible reasoning is Dempster-Shafer, that used to calculate and combine piece of separate information (evidence) to calculate chance of event[DAH-13]. In this system, user input some symptom of Papaya's pest and then system will display the result. The result will be displayed as diagnose of the pest. Test result shows Functional Validation Test is 100% while Accuration Test is 96%.

Keyword : *Papaya, Diagnose, Expert system, Dempster-shafer.*



DAFTAR ISI

PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR SOURCE CODE	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
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	3
1.6 Sistematika pembahasan.....	3
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	5
2.1 Kajian pustaka.....	5
2.2 Dasar teori.....	12
2.2.1 Pemodelan	12
2.2.1.1 Kegunaan model	13
2.2.1.2 Keuntungan yang diberikan oleh model.....	13
2.2.2 Sistem pakar	13
2.2.2.1 Konsep dasar sistem pakar	13
2.2.2.2 Tujuan sistem pakar	15
2.2.2.3 Bentuk sistem pakar.....	15
2.2.2.4 Ciri-ciri sistem pakar.....	15
2.2.2.5 Struktur sistem pakar.....	16
2.2.2.6 Keuntungan sistem pakar	17

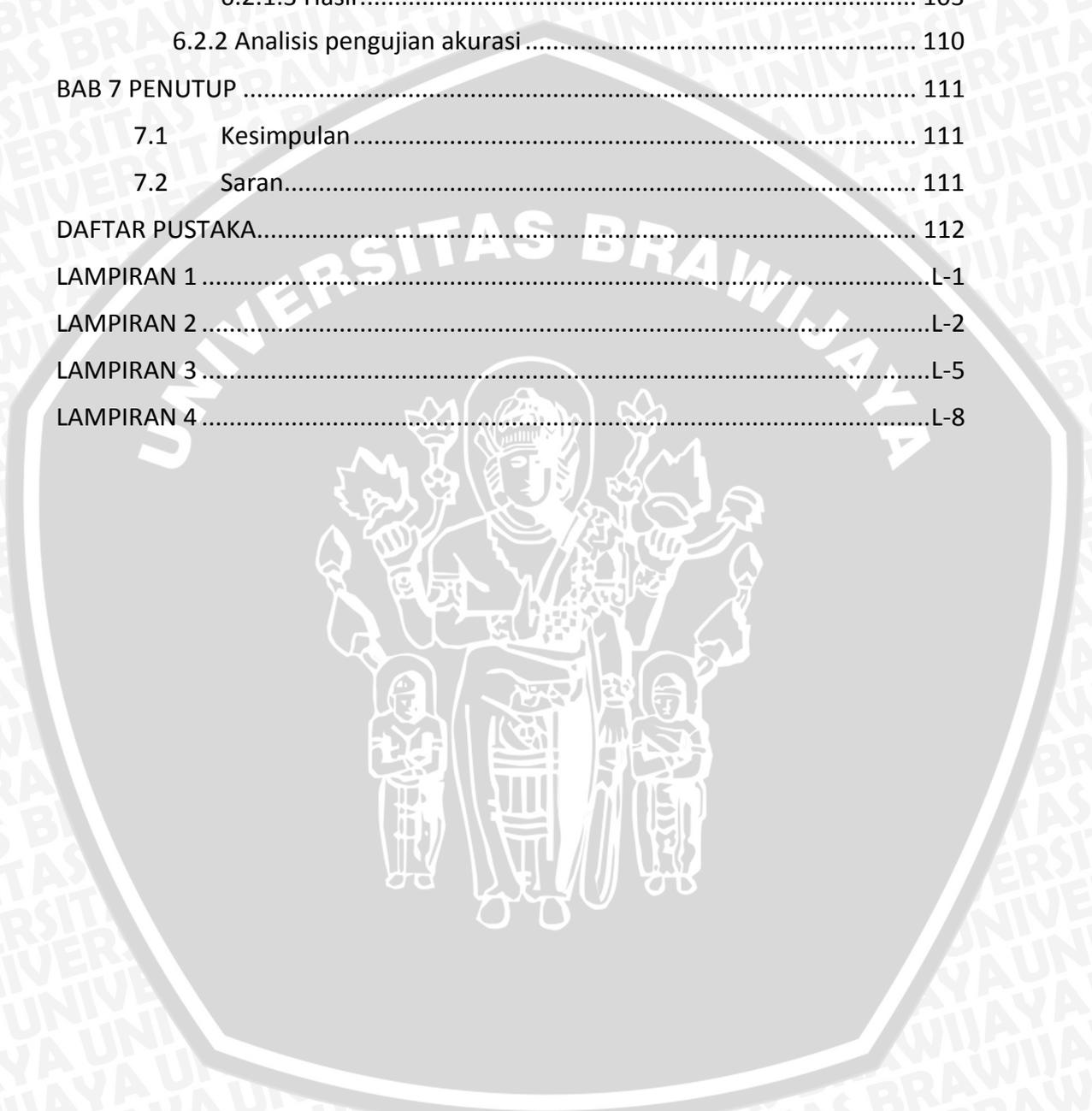
2.2.2.7 Kelemahan sistem pakar	18
2.2.2.8 Metode inferensi.....	18
1. Forward Chaining	18
2. Backward Chaining	19
2.2.3 Teori <i>dempster-shafer</i>	19
2.2.3.1 Kelebihan metode dempster-shafer	20
2.2.3.2 Kekurangan metode dempster-shafer	21
2.2.4 Metode pengendalian hama penyakit tanaman pepaya	21
2.2.4.1 Klasifikasi tanaman pepaya.....	21
2.2.4.2 Morfologi.....	21
2.2.4.3 Jenis hama dan penyakit pada tanaman pepaya.....	22
2.2.4.4 Hama pada tanaman pepaya	22
2.2.4.5 Penyakit pada tanaman pepaya.....	24
2.2.4.6 Pengendalian hama dan penyakit tanaman pepaya.....	27
2.2.5 Pengujian (<i>Testing</i>)	27
2.2.5.1 Pengujian validasi.....	28
2.2.5.2 Pengujian akurasi	28
BAB 3 METODOLOGI	29
3.1 Studi literatur	29
3.2 Pengumpulan data.....	30
3.3 Analisis kebutuhan.....	31
3.4 Perancangan sistem.....	31
3.4.1 Arsitektur sistem pakar	31
3.4.2 Diagram blok mesin inferensi	32
3.5 Implementasi sistem.....	34
3.6 Pengujian sistem	34
3.7 Penarikan kesimpulan.....	34
BAB 4 PERANCANGAN.....	35
4.1 Analisa kebutuhan perangkat lunak	35
4.1.1 Identifikasi aktor	36
4.1.2 Analisa kebutuhan masukan	37
4.1.3 Analisa kebutuhan proses	39



4.1.4 Analisa kebutuhan keluaran.....	40
4.2 Perancangan sistem pakar.....	40
4.2.1 Akuisisi pengetahuan.....	40
4.2.2 Basis Pengetahuan.....	43
4.2.3 Mesin inferensi.....	47
4.2.4 <i>Blackboard</i> (Daerah kerja).....	53
4.2.5 Fasilitas penjelas.....	53
4.2.6 Antarmuka.....	54
4.3 Perancangan perangkat lunak.....	60
4.3.1 <i>Data flow diagram</i> (DFD).....	60
4.3.2 <i>Entity Relationship Diagram</i> (ERD).....	68
BAB 5 IMPLEMENTASI.....	72
5.1 Spesifikasi sistem.....	73
5.1.1 Spesifikasi perangkat keras.....	73
5.1.2 Spesifikasi perangkat lunak.....	73
5.2 Batasan-batasan implementasi.....	73
5.3 Implementasi sistem pakar.....	74
5.3.1 Implementasi basis pengetahuan.....	74
5.3.1.1 Implementasi basis data.....	74
5.3.1.2 Implementasi aturan.....	74
5.3.2 Implementasi mesin inferensi.....	76
5.3.2.1 Implementasi proses perhitungan metode Dempster-shafer.....	76
5.3.3 Implementasi antarmuka.....	80
BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	89
6.1 Pengujian <i>blackbox</i>	89
6.1.1 Skenario pengujian <i>blackbox</i>	90
6.1.1.1 Tujuan.....	90
6.1.1.2 Prosedur.....	90
6.1.1.3 Hasil.....	102
6.1.2 Analisis pengujian <i>blackbox</i>	102
6.2 Pengujian akurasi.....	103



6.2.1 Skenario pengujian akurasi	103
6.2.1.1 Tujuan.....	103
6.2.1.2 Prosedur	103
6.2.1.3 Hasil	103
6.2.2 Analisis pengujian akurasi	110
BAB 7 PENUTUP	111
7.1 Kesimpulan.....	111
7.2 Saran.....	111
DAFTAR PUSTAKA.....	112
LAMPIRAN 1	L-1
LAMPIRAN 2	L-2
LAMPIRAN 3	L-5
LAMPIRAN 4	L-8



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kajian pustaka	7
Tabel 2.2 Sistematika tanaman pepaya.....	21
Tabel 3.1 Penentuan kebutuhan data penelitian.....	30
Tabel 4.1 Identifikasi aktor	36
Tabel 4.2 Daftar kebutuhan fungsional	37
Tabel 4.3Daftar Kebutuhan non fungsional	39
Tabel 4.4 Akuisisi pengetahuan	41
Tabel 4.5 Nilai densitas gejala penyakit	44
Tabel 4.6 Aturan sistem pakar gejala spesifik	47
Tabel 4.7 Aturan sistem pakar gejala fisiologis.....	47
Tabel 4.8 Aturan kombinasi untuk m3 kasus 2	52
Tabel 4.9 Jumlah input dan output DFD level 0 (<i>context diagram</i>)	61
Tabel 4.10 Jumlah <i>input</i> dan <i>output</i> DFD level 1	61
Tabel 5.1 Spesifikasi perangkat keras.....	73
Tabel 5.2 Spesifikasi perangkat lunak	73
Tabel 5.3 Implementasi aturan	75
Tabel 5.4 Implementasi sistem berdasarkan manualisasi perancangan.....	79
Tabel 6.1 Penjelasan kasus uji registrasi pengguna umum	90
Tabel 6.2 Pengujian <i>blackbox</i> kasus uji registrasi pengguna umum	90
Tabel 6.3 Penjelasan kasus uji login	91
Tabel 6.4 Pengujian <i>blackbox</i> kasus uji proses login	91
Tabel 6.5 Penjelasan kasus uji proses diagnosa penyakit tanaman pepaya.....	92
Tabel 6.6 Pengujian <i>blackbox</i> kasus uji proses diagnosa penyakit tanaman pepaya.....	93
Tabel 6.7 Penjelasan kasus uji tambah data gejala.....	93
Tabel 6.8 Pengujian <i>blackbox</i> kasus uji tambah data gejala	94
Tabel 6.9 Penjelasan kasus uji ubah data gejala	94
Tabel 6.10 Pengujian <i>blackbox</i> kasus uji ubah data gejala.....	94
Tabel 6.11 Penjelasan kasus uji hapus data gejala	95
Tabel 6.12 Pengujian <i>blackbox</i> kasus uji hapus data gejala	95

Tabel 6.13 Penjelasan kasus uji tambah data penyakit dan solusi penanganan	95
Tabel 6.14 Pengujian <i>blackbox</i> kasus uji tambah data penyakit dan solusi penanganan	96
Tabel 6.15 Penjelasan kasus uji ubah data penyakit dan solusi penanganan ...	96
Tabel 6.16 Pengujian <i>blackbox</i> kasus uji ubah data penyakit dan solusi penanganan	97
Tabel 6.17 Penjelasan kasus uji hapus data penyakit dan solusi penanganan..	97
Tabel 6.18 Pengujian <i>blackbox</i> kasus uji hapus data penyakit dan solusi penanganan	98
Tabel 6.19 Penjelasan kasus uji tambah data densitas.....	98
Tabel 6.20 Pengujian <i>blackbox</i> kasus uji tambah data densitas	98
Tabel 6.21 Penjelasan kasus uji ubah data densitas	99
Tabel 6.22 Pengujian <i>blackbox</i> kasus uji ubah data densitas.....	99
Tabel 6.23 Penjelasan kasus uji hapus data densitas	99
Tabel 6.24 Pengujian <i>blackbox</i> kasus uji hapus data gejala dan penyakit.....	100
Tabel 6.25 Penjelasan kasus uji tambah data artikel.....	100
Tabel 6.26 Pengujian <i>blackbox</i> kasus uji tambah data artikel	100
Tabel 6.27 Penjelasan kasus uji ubah data artikel	101
Tabel 6.28 Pengujian <i>blackbox</i> kasus uji ubah data artikel.....	101
Tabel 6.29 Penjelasan kasus uji hapus data artikel.....	101
Tabel 6.30 Pengujian <i>blackbox</i> kasus uji hapus data artikel	102
Tabel 6.31 Penjelasan kasus uji menampilkan riwayat	102
Tabel 6.32 Pengujian <i>blackbox</i> kasus uji tampil data riwayat.....	102
Tabel 6.33 Pengujian akurasi hasil diagnosa sistem dengan pakar.....	103



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema proses pemodelan	12
Gambar 2.2 Struktur sistem pakar	16
Gambar 2.3 Alur metode forward chaining	18
Gambar 2.4 Alur metode backward chaining	19
Gambar 2.5 Hama kutu sisik	23
Gambar 2.6 Hama tungau	23
Gambar 2.7 Hama kutu aphids	24
Gambar 2.8 Hama lalat buah	24
Gambar 2.9 Penyakit busuk akar dan pangkal batang	25
Gambar 2.10 Penyakit layu bakteri	25
Gambar 2.11 Penyakit ringspot virus	26
Gambar 2.12 Penyakit busuk buah (antraknose)	27
Gambar 3.1 Metodologi penelitian	29
Gambar 3.2 Arsitektur permodelan sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya	31
Gambar 3.3 Diagram blok pemodelan sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya	32
Gambar 4.1 Diagram perancangan	35
Gambar 4.2 Mesin inferensi <i>forward chaining</i> dengan metode <i>dempster-shafer</i>	48
Gambar 4.3 Diagram alir algoritma perhitungan <i>dempster-shafer</i>	49
Gambar 4.4 <i>Sitemap</i> halaman pengguna	54
Gambar 4.5 Halaman utama	55
Gambar 4.6 Halaman artikel	55
Gambar 4.7 Halaman tentang kami	56
Gambar 4.8 Halaman bantuan	56
Gambar 4.9 Halaman login	57
Gambar 4.10 Halaman register	57
Gambar 4.11 Halaman utama pengguna terdaftar	58
Gambar 4.12 Halaman utama pakar	58
Gambar 4.13 Halaman utama <i>knowledge engineer</i>	59

Gambar 4.14 Halaman diagnosa penyakit	59
Gambar 4.16 <i>Physical diagram</i> sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya.....	71
Gambar 4.17 <i>Data Flow Diagram</i> level 0 sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya.....	60
Gambar 4.18 <i>Data Flow Diagram</i> level 1 sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya.....	63
Gambar 4.19 DFD level 2 sub proses registrasi	64
Gambar 4.20 DFD level 2 sub proses login	64
Gambar 4.21 DFD level 2 sub proses kelola data artikel	65
Gambar 4.22 DFD level 2 sub proses diagnosa	65
Gambar 4.23 DFD level 2 sub proses kelola data gejala	66
Gambar 4.24 DFD level 2 sub proses kelola data penyakit dan solusi penanganan	67
Gambar 4.25 DFD level 2 sub proses kelola data gejala dan penyakit.....	67
Gambar 4.26 DFD level 2 sub proses kelola data pengguna.....	68
Gambar 5.1 Pohon implementasi	72
Gambar 5.2 Implementasi diagram ER sistem	74
Gambar 5.3 Implementasi aturan data densitas.....	76
Gambar 5.4 Tampilan halaman utama	81
Gambar 5.5 Tampilan halaman registrasi	81
Gambar 5.6 Tampilan halaman <i>login</i>	82
Gambar 5.7 Tampilan halaman diagnosa.....	82
Gambar 5.8 Tampilan halaman artikel.....	83
Gambar 5.9 Tampilan halaman tentang kami.....	83
Gambar 5.10 Tampilan halaman bantuan.....	84
Gambar 5.11 Tampilan halaman awal pengguna terdaftar.....	84
Gambar 5.12 Tampilan halaman riwayat diagnosa	85
Gambar 5.13 Tampilan halaman awal pakar	85
Gambar 5.14 Tampilan halaman awal <i>knowledge engineer</i>	85
Gambar 5.15 Tampilan halaman data artikel.....	86
Gambar 5.16 Tampilan halaman data penyakit dan solusi penanganan.....	86
Gambar 5.17 Tampilan halaman data gejala	87



Gambar 5.18 Tampilan halaman data densitas.....	87
Gambar 5.19 Tampilan halaman data riwayat diagnosa.....	88
Gambar 5.20 Tampilan halaman data pengguna.....	88
Gambar 6.1 Pohon pengujian	89



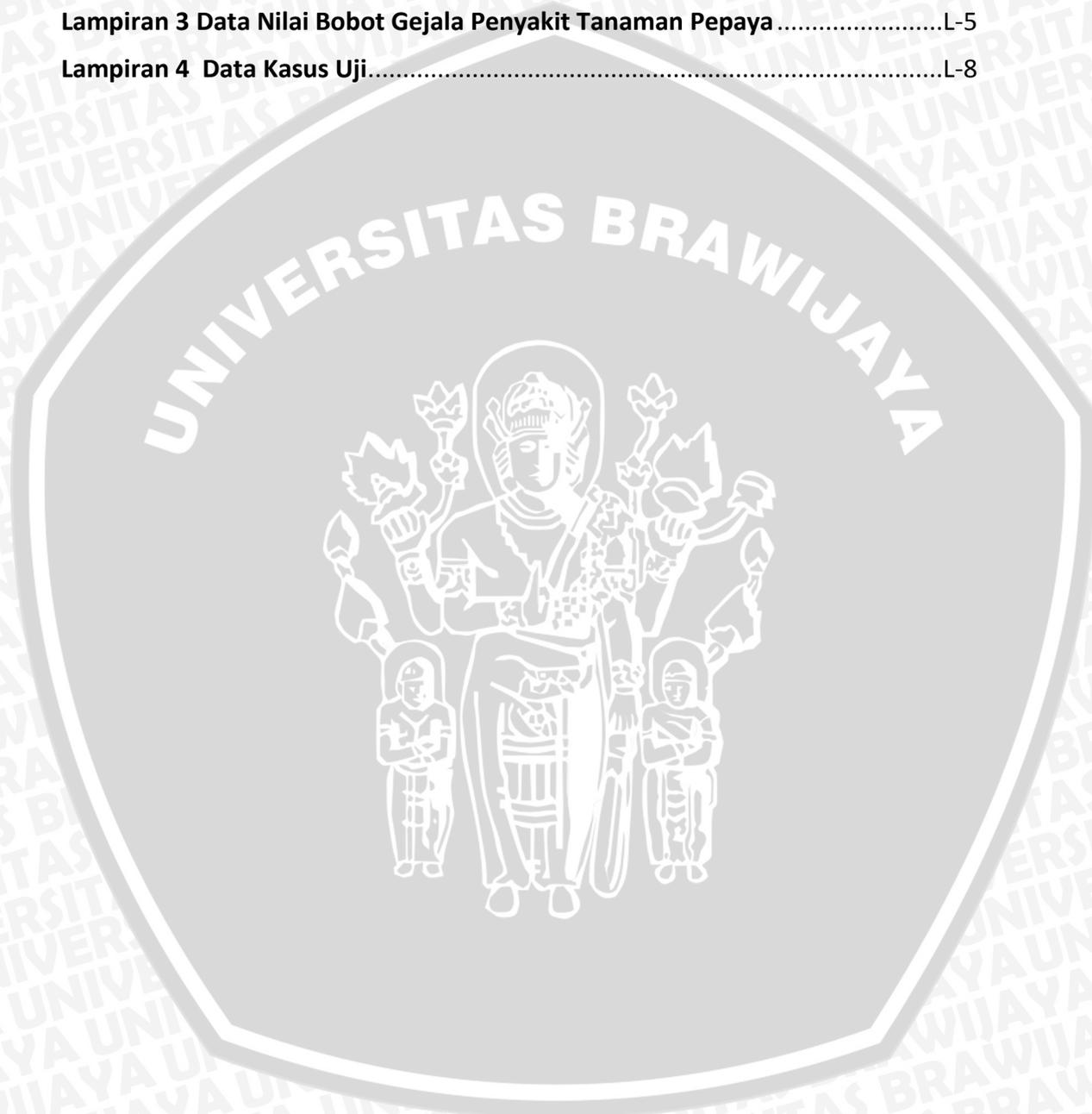
DAFTAR SOURCE CODE

Source code 4.1 Rancangan algoritma perhitungan *dempster-shafer* 50
Source code 5.1 Implementasi proses perhitungan metode *dempster-shafer*..77



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Wawancara.....	L-1
Lampiran 2 Data Aturan Penyakit Tanaman Pepaya	L-2
Lampiran 3 Data Nilai Bobot Gejala Penyakit Tanaman Pepaya.....	L-5
Lampiran 4 Data Kasus Uji.....	L-8



BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan skripsi.

1.1 Latar belakang

Pepaya (*Carica Pepaya L.*) merupakan jenis buah tropis yang buahnya manis dan dagingnya berwarna kuning kemerahan. buah pepaya mengandung banyak vitamin terutama vitamin B9, vitamin C, dan vitamin E. Selain vitamin pepaya juga mengandung mineral seperti fosfor, magnesium, zat besi dan kalsium (Fitria, 2013). Selain itu pepaya juga banyak bermanfaat sebagai obat penyakit seperti sembelit, paru-paru lemah, *bronchitis*, kanker, dan lain-lain.

Berdasarkan data statistik *Food & Agriculture Organization* (FAO) mengenai total produksi pepaya, Indonesia merupakan negara yang secara konsisten menjadi penghasil utama buah pepaya di dunia, setelah India, Brazil, Meksiko dan Nigeria. Namun, produksi pepaya di Indonesia tersebut mengalami penurunan pada tahun 2010. Menurut data Badan Pusat Statistik, produksi buah pepaya di Indonesia pada tahun 2010 menurun sekitar 12,6% dibanding tahun 2009, yaitu dari 772.844 ton menjadi 675.801 ton. Penurunan hasil panen tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti faktor iklim yang tidak menentu serta serangan hama dan penyakit. Hema & Prasad (2004) melaporkan bahwa produksi buah pepaya dapat mengalami penurunan hasil panen sampai 85 – 90% akibat infeksi Pepaya *ringspot* virus (PRSV) (Utari Saraswati et al. 2013). Berbagai macam hama penyakit yang menyerang tanaman pepaya menjadi salah satu penyebab utama turunnya produksi pepaya. Selama ini diagnosa hama penyakit pada tanaman pepaya masih menggunakan cara manual yaitu dengan cara melakukan konsultasi ke penyuluh dan pakar hama penyakit. Terbatasnya jumlah pakar dan jam kerja penyuluh serta kurangnya pengetahuan petani mengenai hama penyakit sangat berpengaruh bagi tanaman pepaya. Di sisi lain menurut pakar hama penyakit tanaman papaya dari BPTP Jawa Timur Prof. Dr. Ir. Moh. Cholil Mahfud, M.S, penyuluh dan petani masih memiliki pemahaman yang rendah tentang hama penyakit pada tanaman papaya meskipun sudah diberikan training karena beberapa hama dan penyakit memiliki gejala yang hampir sama. Kemudian satu tanaman papaya dapat terserang lebih dari satu jenis hama penyakit. Permasalahan yang dihadapi tidak dapat diselesaikan segera akan berdampak buruk bagi perkembangan tanaman pepaya. Oleh sebab itu untuk mengatasi permasalahan tersebut dibutuhkan sebuah sistem pakar yaitu sistem yang dapat mengadopsi ilmu dan pengetahuan pakar untuk membantu petani dan penyuluh dalam mendiagnosa hama penyakit pada tanaman papaya serta diharapkan dengan adanya sistem tersebut produksi papaya semakin meningkat.

Kemajuan teknologi dan informasi saat ini membuat semakin banyak perangkat lunak yang dapat membantu dan memudahkan kehidupan manusia. Sistem pakar adalah bagian dari kecerdasan buatan yang mengandung

pengetahuan dan pengalaman pakar yang dimasukkan ke dalam satu area pengetahuan tertentu untuk memecahkan berbagai masalah yang bersifat spesifik (Putu, 2011). Pengetahuan yang akan direpresentasikan ke dalam sistem pakar penuh dengan unsur ketidakpastian dan kesamaran. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan ketidakpastian tersebut adalah dengan menggunakan metode *Dempster-Shafer*. *Dempster-Shafer* adalah salah satu teori matematika untuk pembuktian berdasarkan *belief functions* dan *plausible reasoning* (fungsi kepercayaan dan pemikiran yang masuk akal), yang digunakan untuk mengkombinasikan potongan informasi terpisah (bukti) untuk mengkalkulasi kemungkinan dari suatu peristiwa (Dahria, 2013).

Pada penelitian sebelumnya dengan judul " Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Ayam Pedaging Dengan Metode *Dempster-Shafer* Berbasis Web", sistem pakar yang digunakan untuk mengdiagnosis penyakit pada ayam pedaging menggunakan metode *Dempster-Shafer*. Hasil dari penelitian tersebut berupa hasil diagnose penyakit pada ayam pedaging, serta nilai kepercayaan berdasarkan metode *Dempster-Shafer* dengan hasil akurasi sistem mencapai 80% (Friska, 2014).

Berdasarkan penjelasan penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini akan dibuat dengan judul " Pemodelan Sistem Pakar Diagnosa Hama Penyakit Pada Tanaman Pepaya Dengan Menggunakan Metode *Dempster-Shafer*". Aplikasi ini akan yang akan dibuat ini diharapkan bisa memberikan informasi yang lebih lengkap dan akurat mengenai hama dan penyakit tanaman pepaya kepada petani guna meminimalisir kerugian dan meningkatkan produktivitas tanaman pepaya.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana memodelkan sistem pakar untuk diagnosa hama penyakit pada tanaman pepaya dengan menggunakan metode *Dempster-Shafer*.
2. Bagaimana menguji sistem pakar diagnosa hama penyakit pada tanaman papaya dengan menggunakan metode *Dempster-Shafer*.

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Memodelkan sistem pakar untuk mendiagnosa hama penyakit tanaman pepaya dengan metode *Dempster-Shafer*.
2. Menguji sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya dengan metode *Dempster-Shafer*.

1.4 Manfaat

Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan, maka manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Memberikan kemudahan kepada para penyuluh dan petani pepaya dalam proses konsultasi kepada para pakar tanaman pepaya untuk identifikasi hama dan penyakit.
2. Dapat memberikan hasil yang optimal dalam proses identifikasi karena waktu yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit untuk mengenali hama dan penyakit pada tanaman pepaya dibandingkan dengan cara manual.

1.5 Batasan masalah

Untuk merumuskan permasalahan yang lebih terfokus dan tidak meluas maka dibuat batasan-batasan yang ditentukan pada penelitian ini yaitu :

1. Data – data penelitian dari pakar tanaman pepaya di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jl. Raya Karangploso KM.4 Malang 65152, Jawa Timur.
2. Gejala hama penyakit tanaman pepaya yang digunakan pada sistem ini ada 28 gejala.
3. Jenis penyakit pada fokus penelitian tanaman pepaya ini yaitu sebanyak 4 jenis hama yaitu hama kutu sisik, hama tungau, hama kutu aphids, hama lalat buah dan 4 jenis penyakit yaitu busuk akar dan pangkal batang, layu bakteri, *ringspot* virus dan busuk buah *antraknose*.
4. *Output* yang diperoleh dari aplikasi ini yaitu jenis penyakit beserta penanganan oleh pakar.
5. Metode yang digunakan adalah *Dempster-Shafer*.
6. Basis Data yang digunakan adalah basis data *MySQL*.
7. Penggunaan aplikasi ini yaitu masyarakat umum khususnya petani tanaman pepaya.
8. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam aplikasi ini adalah bahasa pemrograman PHP.
9. Pengujian yang dilakukan meliputi tingkat validasi dan akurasi.

1.6 Sistematika pembahasan

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

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Pustaka menjelaskan tentang kajian pustaka terkait dengan penelitian yang telah ada seperti penelitian tentang “Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Ayam Pedaging Dengan Metode *Dempster-Shafer* Berbasis *Web*” Dasar teori yang diperlukan untuk mendukung penelitian adalah Pemodelan, Sistem Pakar, tanaman pepaya, metode *dempster-shafer*, PHP dan Basis Data.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Membahas tentang metode yang digunakan dalam penulisan yang terdiri dari studi literatur, pengambilan data sample, analisa kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian dan analisis, dan pengambilan kesimpulan untuk membuat “Pemodelan Sistem Pakar Diagnosa Hama Penyakit Pada Tanaman Pepaya Dengan Menggunakan Metode *Dempster-Shafer*”.

BAB IV PERANCANGAN

Membahas tentang analisa kebutuhan dari aplikasi sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya dan kemudian merancang hal-hal yang berhubungan dengan analisa tersebut.

BAB V IMPLEMENTASI

Membahas tentang hasil perancangan dari analisis kebutuhan dan implementasi aplikasi sistem pakar diagnosa hama penyakit pada tanaman pepaya menggunakan metode *dempster-shafer*.

BAB VI PENGUJIAN DAN ANALISIS

Memuat tentang hasil pengujian dan analisis terhadap pemodelan sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya menggunakan metode *dempster-shafer* yang telah diimplementasikan. Pengujian yang dilakukan melalui tahapan pengujian akurasi dan pengujian fungsionalitas sistem tersebut.

BAB VII PENUTUP

Memuat kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan dan pengujian perangkat lunak sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya menggunakan metode *dempster-shafer* yang dikembangkan dalam proposal ini serta saran – saran untuk pengembangan lebih lanjut.

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Pada bab ini akan dibahas tentang Kajian Pustaka dan Dasar Teori. Kajian pustaka berisi tentang referensi-referensi yang digunakan dalam penelitian ini. Sedangkan dasar teori berisi penjelasan tentang Sistem Pakar, Ketidakpastian, Metode *Dempster-Shafer*, Tanaman Pepaya, Penyakit Pepaya dan Solusi Penanganannya.

2.1 Kajian pustaka

Kajian pustaka pada penelitian ini akan membahas tentang beberapa penelitian sistem pakar yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya akan ditunjukkan dalam Tabel 2.1. Referensi pertama adalah penelitian yang dilakukan Andino Maselena, dkk dengan judul "*Skin Infection Detection using Dempster-Shafer Theory*". *Input* dalam penelitian ini adalah gejala-gejala penyakit kulit. Hasil dari penelitian ini berupa hasil diagnosa penyakit kulit, penyebab dan solusi pengobatan (Andino, 2012).

Referensi kedua yaitu penelitian yang dilakukan oleh Maruli Tua Nahampun dengan judul "Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Ayam Pedaging Dengan Metode *Dempster-Shafer* Berbasis Web". *Input* dari penelitian ini yaitu gejala penyakit ayam pedaging. *Output* dari penelitian ini yaitu hasil diagnosa penyakit ayam pedaging beserta solusi penanganan penyakit tersebut (Friska, 2014).

Referensi ketiga yaitu penelitian yang dilakukan Depi Trisnawati, dkk dengan judul "Aplikasi Sistem Pakar untuk Diagnosa Penyakit Diabetes Melitus menggunakan Metode *Dempster-Shafer*". *Input* dalam penelitian ini adalah gejala-gejala penyakit diabetes melitus. *Output* dari penelitian ini berupa hasil diagnosa, informasi mengenai diabetes melitus dan saran terapi (Aryati et al. 2013).

Referensi keempat yaitu penelitian yang dilakukan Aprilia Sulistyohati dan Taufiq Hidayat dengan judul "Aplikasi Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Ginjal Dengan Metode *Dempster-Shafer*". *Input* penelitian ini gejala-gejala penyakit ginjal. *Output* dari penelitian ini yaitu hasil diagnosa, informasi mengenai penyakit ginjal, solusi pengobatan, dan nilai kepercayaan penyakit (Aprilia et al. 2008).

Referensi selanjutnya yaitu penelitian yang dilakukan Angga Hardika P., dkk dengan judul "Aplikasi Sistem Pakar Untuk Identifikasi Hama Dan Penyakit Tanaman Tebu Dengan Metode *NaiVe Bayes* Berbasis Web". *Input* dari penelitian ini yaitu gejala hama dan penyakit tanaman tebu. *Output* dari penelitian ini yaitu hasil diagnosa hama dan penyakit tanaman tebu beserta saran pengendaliannya (Angga et al. 2014).

Sistem pakar yang akan dibangun dalam skripsi ini yaitu sistem pakar yang menggunakan metode *Dempster-Shafer*. Metode ini diharapkan dapat membantu mendiagnosa hama penyakit yang menyerang tanaman pepaya berdasarkan gejala-gejala yang dimasukkan. Berdasarkan gejala-gejala yang dimasukkan kemudian akan diperoleh hasil yang akurat dengan identifikasi seorang pakar, sehingga pengguna dapat melakukan penanggulangan terhadap tanaman pepaya yang terserang hama penyakit.

Adapun tabel kajian pustaka ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kajian pustaka

No	Judul	Objek	Metode	Hasil
		Input Kriteria/Parameter		Output dan Hasil Uji
1.	<i>Skin Infection Detection using Dempster-Shafer Theory</i> (Andino, 2012).	Objek: Gejala penyakit kulit Input seleksi: <ul style="list-style-type: none"> • Ruam seperti benang kusut • Ruam teraba hangat • Gatal • Kulit Merah • Kulit bersisik • Pembengkakan kelenjar getah bening • Demam • Menggigil • Tidak enak badan • Dst.. 	Metode <i>Dempster-Shafer</i> Proses: <ul style="list-style-type: none"> • Mencari dan menentukan data berupa gejala-gejala yang kemungkinan muncul pada penyakit kulit. • Penentuan nilai densitas pada tiap gejala-gejala yang diberikan pakar yang berkisar antara 0 - 1. • Menentukan <i>Frame of discernment</i> untuk mengaitkan ukuran kepercayaan elemen – elemen. • Menentukan probabilitas nilai densitas (m). • Melakukan perhitungan fungsi kombinasi m1 dan m2. 	Sistem pakar ini menghasilkan diagnosa penyakit kulit, penyebab dan saran pengobatannya
2.	Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Ayam Pedaging Dengan Metode <i>Dempster-Shafer</i> Berbasis	Objek : Gejala penyakit pada Ayam Pedaging Input : <ul style="list-style-type: none"> • Gejala umum pada Ayam pedaging 	Metode <i>Dempster-Shafer</i> Proses: <ul style="list-style-type: none"> • Mencari dan menentukan data berupa gejala-gejala yang kemungkinan muncul pada ayam pedaging. 	Sistem pakar ini menghasilkan: <ul style="list-style-type: none"> • Nama pengguna • Hasil diagnosa penyakit • Hasil akurasi sistem

	<p>Web (Friska, 2014).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gejala spesifik pada Ayam pedaging • Gejala fisiologis pada ayam pedaging 	<ul style="list-style-type: none"> • Penentuan nilai densitas pada tiap gejala-gejala yang diberikan pakar yang berkisar antara 0 - 1. • Menentukan <i>Frame of discernment</i> untuk mengaitkan ukuran kepercayaan elemen – elemen. • Menentukan probabilitas nilai densitas (m). • Melakukan perhitungan fungsi kombinasi m1 dan m2. 	<p>sebesar 80%</p>
<p>3.</p>	<p>Aplikasi Sistem Pakar untuk Diagnosa Penyakit Diabetes Melitus menggunakan Metode <i>Dempster-Shafer</i> (Aryati et al. 2013).</p>	<p>Objek: Penyakit Diabetes Melitus</p> <p>Input seleksi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sering buang air kecil • Rasa haus yang berlebihan • Jumlah urine banyak dan encer • Perut terasa penuh/sesak • Diare • Dehidrasi • Gampang lapar • Konstipasi • <i>Heartburn</i>/rasa panas di dada • Rasa mual • Perasaan perut kenyang 	<p>Metode <i>Dempster-Shafer</i></p> <p>Proses:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mencari dan menentukan data berupa gejala-gejala yang kemungkinan muncul pada penyakit diabetes melitus. • Penentuan nilai densitas pada tiap gejala-gejala yang diberikan pakar yang berkisar antara 0 - 1. • Menentukan <i>Frame of discernment</i> untuk mengaitkan ukuran kepercayaan elemen – elemen. • Menentukan probabilitas nilai densitas (m). 	<p>Sistem pakar ini menghasilkan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagnosis diabetes • Informasi mengenai kemungkinan diabetes <p>Solusi dan saran terapi bagi user</p>

			Dst..	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan perhitungan fungsi kombinasi m1 dan m2. 	
4.	Aplikasi Pakar Penyakit dengan Metode Dempster-Shafer (Aprilia et al. 2008).	Sistem Diagnosa Ginjal Metode Dempster-Shafer et al.	<p>Objek: Gejala penyakit ginjal</p> <p>Input seleksi:</p> <ul style="list-style-type: none"> Berkurangnya rasa di tangan dan kaki Darah di dalam air kencing Demam Desakan untuk kencing Rambut dan kuku rapuh Kejang Kencing di malam hari Menggigil Mual Mudah lelah Nafsu makan menurun Muntah Nanah di air kencing Nyeri di daerah kandung kemih Nyeri ketika kencing <p>Dst..</p>	<p>Metode <i>Dempster-Shafer</i></p> <p>Proses:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mencari dan menentukan data berupa gejala-gejala yang kemungkinan muncul pada penyakit ginjal. Penentuan nilai densitas pada tiap gejala-gejala yang diberikan pakar yang berkisar antara 0 - 1. Menentukan <i>Frame of discernment</i> untuk mengaitkan ukuran kepercayaan elemen – elemen. Menentukan probabilitas nilai densitas (m). Melakukan perhitungan fungsi kombinasi m1 dan m2. 	<p>Sistem pakar ini menghasilkan:</p> <ul style="list-style-type: none"> hasil diagnosa, yaitu gagal ginjal akut, kanker ginjal, sindrom nefrotik, kanker kandung kemih, nefritis, ginjal, polkista, dst. keterangan tentang jenis penyakit ginjal yang diderita solusi pengobatannya. <p>Nilai kepercayaan berdasarkan metode <i>Dempster-Shafer</i>.</p>
5.	Aplikasi Pakar Identifikasi	Sistem Untuk Hama	Objek : Tanaman Tebu	Metode : <i>Naïve Bayes</i>	<p>Output :</p> <ul style="list-style-type: none"> Jenis Penyakit Jenis Hama

	<p>Dan Tanaman Dengan Metode <i>NaiVe</i> Berbasis Web (Angga et al. 2014).</p> <p>Penyakit Tebu Metode <i>Bayes Web</i></p>	<p>Input :</p> <p>A. Hama Tebu</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gejala secara umum • Gejala daun • Gejala batang • Gejala akar <p>B. Penyakit Tebu</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gejala secara umum • Gejala daun • Gejala batang • Gejala akar 	<p>Proses :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pencarian nilai probabilitas awal pada setiap jenis hama. → $P(h)$ = peluang dari hipotesa h (jenis hama) • Melakukan pencarian nilai probabilitas sebuah fakta gejala pada hama yang mempengaruhi suatu hipotesa. → $P(e h)$ = peluang data fakta gejala e, bila diasumsikan bahwa hipotesa h benar (<i>valid</i>). • Melakukan pencarian nilai probabilitas akhir pada setiap jenis hama → $P(e h)$ = peluang bahwa hipotesa benar (<i>valid</i>) untuk data fakta gejala e yang dialami. 	<ul style="list-style-type: none"> • Saran Pengendalian <p>Hasil : Tingkat keakurasian 94,24%</p>
<p>6.</p>	<p>Pemodelan Sistem Pakar Hama Pada Pepaya Menggunakan Diagnosa Penyakit Tanaman Dengan</p>	<p>Objek : Gejala hama penyakit tanaman pepaya</p> <p>Input :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gejala pada daun 	<p>Metode <i>Dempster-Shafer</i></p> <p>Proses:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mencari dan menentukan data berupa gejala-gejala yang kemungkinan muncul pada hama penyakit tanaman 	<p>Sistem pakar ini menghasilkan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nama penyakit • Saran Pengendalian

	<p>Metode <i>Dempster-Shafer</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gejala pada batang • Gejala pada buah • Gejala pada akar 	<p>pepaya.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penentuan nilai densitas pada tiap gejala-gejala yang diberikan pakar yang berkisar antara 0 - 1. • Menentukan <i>Frame of discernment</i> untuk mengaitkan ukuran kepercayaan elemen – elemen. • Menentukan probabilitas nilai densitas (m). <p>Melakukan perhitungan fungsi kombinasi m_1 dan m_2.</p>	
--	--------------------------------------	--	---	--

Sumber: (Andino, 2012), (Friska, 2014), (Aryati et al. 2013), (Aprilia et al. 2008), (Angga et al. 2014).

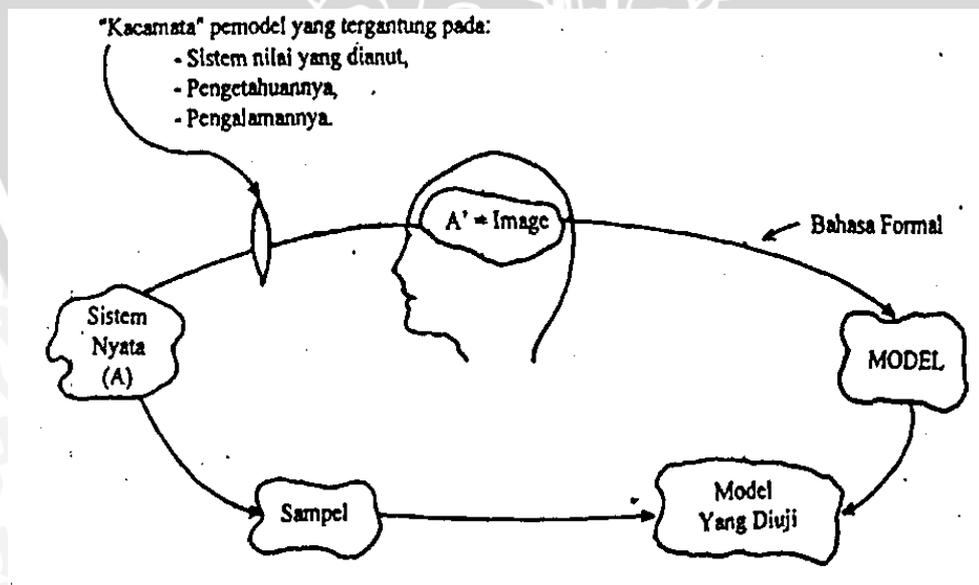
2.2 Dasar teori

2.2.1 Pemodelan

Pemodelan adalah proses untuk membuat sebuah model. Model adalah representasi dari sebuah bentuk nyata, sedangkan system adalah saling keterhubungan dan ketergantungan antar elemen yang membangun sebuah kesatuan, biasanya dibangun untuk mencapai tujuan tertentu. Sebuah pemodelan sistem, dengan demikian, merupakan gambaran bentuk nyata yang dimodelkan secara sederhana, menggambarkan konstruksi integrasi hubungan dan ketergantungan elemen, fitur-fitur dan bagaimana sistem tersebut bekerja.

Dilakukannya sebuah *modelling system* bertujuan untuk menganalisa dan memberi prediksi yang sangat mendekati kenyataan sebelum sebuah sistem nantinya diimplementasikan. Pemodelan secara umum merupakan pengembangan model matematika dengan bantuan software komputer. Simulasi pemodelan sistem diperlukan sebelum sistem yang ada diubah, bertujuan untuk meminimalkan terjadinya kesalahan atau ketidaksesuaian yang bakal terjadi. Pengembangan simulasi pemodelan system mempertimbangkan komponen-komponen seperti entitas yang terlibat dalam sistem, variable input, pengukuran kinerja dan hubungan fungsional. Validitas merupakan isu utama dari sebuah pemodelan sistem. Teknik validasi sebuah model dilakukan dengan cara mensimulasikan sebuah model menurut input yang diketahui dan kemudian membandingkan output yang dihasilkan model dengan output sistem sebenarnya (Julius, 2013).

Adapun skema proses pemodelan yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema proses pemodelan

Sumber : (Julius, 2013)

2.2.1.1 Kegunaan *model*

Beberapa kegunaan dengan adanya model:

- a. Membantu berpikir dan menerangkan fakta.
- b. Untuk komunikasi/instruksi.
- c. Untuk prediksi/penaksiran.
- d. Untuk pengendalian.
- e. Pengganti teori, bila teori telah ada sebagai koreksi terhadap teori tersebut.

2.2.1.2 Keuntungan yang diberikan oleh *model*

Beberapa keuntungan dengan menggunakan model :

- a. Dengan model, dapat dilakukan analisis dan percobaan dalam situasi yang kompleks dengan mengubah nilai atau bentuk relasi antar variable yang tidak mungkin dilakukan pada sistem nyata.
- b. Model memberikan penghematan dalam mendeskripsikan suatu keadaan yang nyata.
- c. Penggunaan model dapat menghemat waktu, biaya, tenaga, dan sumber daya berharga lainnya dalam analisis permasalahan.
- d. Model dapat memfokuskan perhatian lebih banyak pada karakteristik yang penting dari masalah.

2.2.2 Sistem pakar

Sistem pakar adalah aplikasi berbasis komputer yang digunakan untuk menyelesaikan masalah sebagaimana yang dipikirkan oleh pakar. Pakar yang dimaksud adalah orang yang mempunyai keahlian khusus yang dapat menyelesaikan masalah yang tidak dapat diselesaikan oleh orang awam (Kusrini, 2008).

Penggunaan sistem pakar dapat digunakan untuk menyelesaikan masalahnya atau sekedar mencari suatu informasi berkualitas yang sebenarnya hanya dapat diperoleh dengan bantuan para ahli di bidangnya. Seorang pakar yang dimaksud disini adalah orang yang mempunyai keahlian dalam bidang tertentu, yaitu pakar yang mempunyai knowledge atau kemampuan khusus yang tidak dimiliki oleh orang lain (Putu, 2011).

2.2.2.1 Konsep dasar sistem pakar

Konsep dasar dari sistem pakar mempunyai beberapa dasar yang bisa dikatakan sebagai sistem pakar. Ada enam hal yang menjadi konsep dasar dari sebuah Sistem Pakar (Arhami, 2005), yaitu :

a. Keahlian (*Expertise*)

Keahlian dapat diperoleh dari pelatihan/training, membaca atau dari pengalaman. Keahlian itu meliputi :

- Fakta-fakta tentang area permasalahan.
- Teori-teori tentang area permasalahan.
- Aturan-aturan tentang apa yang harus dilakukan dalam situasi permasalahan yang diberikan.
- Strategi global untuk memecahkan masalah.

b. Pakar/ahli (*Expert*)

Sulit untuk mendefinisikan apakah yang dimaksud dengan pakar itu. Masalahnya adalah berapa banyak keahlian yang harus dimiliki oleh seseorang agar dapat dikualifikasikan sebagai pakar. Namun akan dijelaskan beberapa kualifikasi yang harus dimiliki oleh seorang pakar :

- Dapat mengenal dan merumuskan masalah.
- Dapat memecahkan masalah dengan cepat dan semestinya.
- Dapat menjelaskan suatu solusi.
- Dapat menentukan hubungan.
- Belajar dari pengalaman.

c. Pemindahan keahlian (*Transferring Expertise*)

Tujuan dari sistem pakar adalah memindahkan keahlian dari seorang pakar ke komputer dan kemudian ke manusia lain yang bukan pakar. Proses ini meliputi empat kegiatan, yaitu :

- Memperoleh pengetahuan pakar.
- Merepresentasikan pengetahuan ke dalam komputer.
- Mengolah pengetahuan sehingga dapat menghasilkan kesimpulan.
- Memindahkan pengetahuan ke pengguna.

Pengetahuan disimpan dalam komputer berupa komponen yang disebut *knowledge base*. Pengetahuan ini dibedakan menjadi dua, yaitu fakta dan *rule*.

a. Menarik kesimpulan (*Inferencing*)

Keistimewaan dari sistem pakar adalah kemampuan nalarnya. Komputer diprogram sehingga dapat membuat kesimpulan. Pengambilan keputusan ini dilaksanakan dalam komponen yang disebut *inference engine*.

b. Aturan (*Rule*)

Kebanyakan sistem pakar adalah sistem berbasis *rule*, pengetahuan disimpan dalam bentuk *rule-rule* sebagai prosedur pemecahan masalah.

c. Kemampuan menjelaskan (Explanatin Capability)

Keistimewaan lain dari sistem pakar adalah kemampuan menjelaskan darimana asal sebuah solusi/rekomendasi diperoleh.

2.2.2.2 Tujuan sistem pakar

Tujuan dari sistem pakar adalah pengalihan keahlian dari para ahli komputer untuk dialihkan kepada orang yang bukan ahli. Dibutuhkan beberapa aktivitas untuk melakukan proses ini. Proses ini meliputi empat aktivitas yaitu (Angga, 2014):

1. Akuisi pengetahuan (*knowledge acquisition*) yaitu kegiatan mencari dan mengumpulkan pengetahuan dari para ahli atau sumber keahlian yang lain.
2. Representasi pengetahuan (*knowledge representation*) adalah kegiatan menyimpan dan mengatur penyimpanan pengetahuan yang diperoleh dalam komputer. Pengetahuan berupa fakta dan aturan disimpan dalam komputer sebagai sebuah komponen yang disebut basis pengetahuan.
3. Inferensi pengetahuan (*knowledge inferencing*) adalah kegiatan melakukan inferensi berdasarkan pengetahuan yang telah disimpan didalam komputer.
4. Pemandahan pengetahuan (*knowledge transfer*) adalah kegiatan pemandahan pengetahuan dari komputer ke pemakai yang tidak ahli.

2.2.2.3 Bentuk sistem pakar

Sistem pakar dikelompokkan ke dalam empat bentuk yaitu (Subagyo):

1. Mandiri merupakan sistem pakar yang murni berdiri sendiri, tidak digabung dengan perangkat lunak lain, bisa dijalankan pada komputer pribadi dan mainframe.
2. Terkait atau tergabung merupakan sistem pakar hanya bagian dari program yang lebih besar. Program tersebut biasanya menggunakan teknik algoritma konvensional tapi bisa mengakses sistem pakar yang ditempatkan sebagai subrutin, yang bisa dimanfaatkan setiap kali dibutuhkan.
3. Terhubung merupakan sistem pakar yang berhubungan dengan software lain. Misalnya spreadsheet, DBMS, program grafik. Pada saat proses inferensi, sistem pakar bisa mengakses data dalam spreadsheet atau DBMS atau program grafik bisa dipanggil untuk menayangkan output visual.
4. Sistem Mengabdikan merupakan bagian dari komputer khusus yang diabdikan kepada fungsi tunggal. Sistem tersebut bisa membantu analisa data radar dalam pesawat tempur atau membuat keputusan intelejen tentang bagaimana memodifikasi pembangunan kimiawi.

2.2.2.4 Ciri-ciri sistem pakar

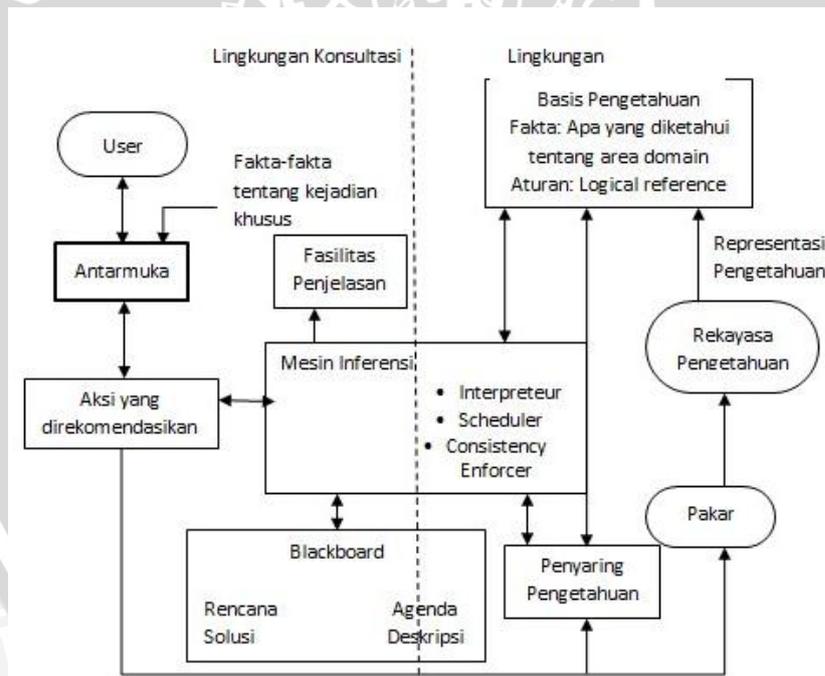
Ciri-ciri yang dimiliki oleh sistem pakar yang membedakan dengan sistem lain, diantaranya (Sutojo, 2011) :

1. Terbatas pada dominan keahlian tertentu.
2. Dapat memberikan penalaran untuk data – data yang tidak lengkap.
3. Dapat menjelaskan alasan –alasan dengan cara yang dapat dipahami.
4. Bekerja berdasarkan kaidah /rule tertentu.
5. Mudah dimodifikasi.
6. Basis pengetahuan dan mekanisme inferensi terpisah.
7. Mudah dimodifikasi.
8. Sistem dapat mengaktifkan kaidah secara searah yang sesuai, dituntun oleh dialog dengan pengguna.

2.2.2.5 Struktur sistem pakar

Sistem pakar terdiri dari dua bagian utama, lingkungan pengembangan (*development environment*) dan lingkungan konsultasi (*consultation environment*). Lingkungan pengembangan digunakan dalam pembangun sistem pakar baik dari segi pembangun komponen maupun basis pengetahuan. Lingkungan konsultasi digunakan oleh seseorang yang bukan ahli untuk melakukan konsultasi.

Komponen-komponen yang ada pada sistem pakar seperti pada Gambar 2.2 (Bambang, 2014) .



Gambar 2.2 Struktur sistem pakar

Sumber : (Bambang, 2014)

1. Subsistem penambahan pengetahuan (Akuisisi Pengetahuan).

Akuisisi pengetahuan adalah akumulasi, transfer dan transformasi keahlian dalam menyelesaikan masalah dari sumber pengetahuan ke dalam program komputer. Dalam tahap ini, perekayasa pengetahuan (knowledge engineer)

berusaha menyerap pengetahuan untuk selanjutnya ditransfer ke dalam basis pengetahuan. Pengetahuan diperoleh dari pakar, dilengkapi dengan buku, basis data, laporan penelitian dan pengalaman pemakai.

2. Basis pengetahuan (*Knowledge Base*)

Berisi pengetahuan-pengetahuan yang dibutuhkan untuk memahami, memformulasikan dan menyelesaikan masalah. Basis pengetahuan merupakan bagian yang sangat penting dalam proses inferensi, yang di dalamnya menyimpan informasi dan aturan-aturan penyelesaian suatu pokok bahasan masalah beserta atributnya. Pada prinsipnya, basis pengetahuan mempunyai dua (2) komponen yaitu fakta-fakta dan aturan-aturan.

3. Mesin Inferensi (*Inference Engine*).

Program yang berisi metodologi yang digunakan untuk melakukan penalaran terhadap informasi-informasi dalam basis pengetahuan dan blackboard, serta digunakan untuk memformulasikan konklusi.

4. *Workplace / Blackboard*

Merupakan area dari sekumpulan memori kerja (*working memory*). *Workplace* digunakan untuk merekam kejadian yang sedang berlangsung termasuk keputusan sementara.

5. Antarmuka (*User Interface*)

Digunakan untuk media komunikasi antara user dan program. Menurut McLeod (1995), pada bagian ini terjadi dialog antara program dan pemakai, yang memungkinkan sistem pakar menerima instruksi dan informasi (*input*) dari pemakai, juga memberikan informasi (*output*) kepada pemakai.

6. Subsistem penjelasan (*Explanation Facility*)

Explanation Facility memungkinkan pengguna untuk mendapatkan penjelasan dari hasil konsultasi. Fasilitas penjelasan diberikan untuk menjelaskan bagaimana proses penarikan kesimpulan. Biasanya dengan cara memperlihatkan rule yang digunakan.

7. Perbaikan Pengetahuan (*Knowledge Refinement*)

Sistem ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem pakar itu sendiri untuk melihat apakah pengetahuan-pengetahuan yang ada masih cocok untuk digunakan di masa mendatang.

2.2.2.6 Keuntungan sistem pakar

Beberapa keuntungan yang didapatkan dalam menerapkan sistem pakar, diantaranya (Kusumadewi, 2003) :

1. Memungkinkan orang awam bisa mengerjakan pekerjaan para ahli.
2. Bisa melakukan proses secara berulang secara otomatis.
3. Menyimpan pengetahuan dan keahlian para pakar.

4. Meningkatkan output dan produktivitas.
5. Meningkatkan kualitas.
6. Mampu mengambil dan melestarikan keahlian para pakar (terutama yang termasuk keahlian langka).
7. Mampu beroperasi dalam lingkungan yang berbahaya.
8. Memiliki kemampuan untuk mengakses pengetahuan.
9. Memiliki reliabilitas.
10. Meningkatkan kapabilitas sistem komputer.
11. Memiliki kemampuan untuk bekerja dengan informasi yang tidak lengkap dan mengandung ketidakpastian.
12. Sebagai media pelengkap dalam pelatihan.
13. Meningkatkan kapabilitas dalam penyelesaian masalah.
14. Menghemat waktu dalam pengambilan keputusan.

2.2.2.7 Kelemahan sistem pakar

Disamping memiliki keuntungan yang begitu banyak, sistem pakar juga memiliki beberapa kelemahan, diantaranya (Subagyo) :

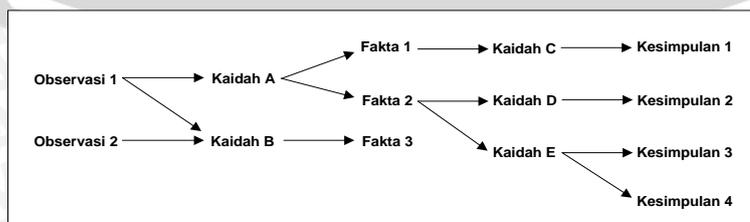
1. Pengetahuan yang tidak selalu ada, karena pakar yang bersangkutan bisa saja belum tersedia. Selain itu setiap pakar memiliki metode yang berbeda-beda
2. Dalam pengembangan dan pemeliharaan membutuhkan biaya yang tidak sedikit untuk mendukung sistem pakar yang berkualitas dan akurat.

2.2.2.8 Metode inferensi

Inferensi merupakan proses untuk menghasilkan informasi dari fakta yang diketahui atau diasumsikan. Proses inferensi dalam sistem pakar disebut mesin inferensi. Berikut adalah dua jenis metode inferensi (Angga, 2014).

1. Forward Chaining

Teknik pencarian yang dimulai dengan fakta yang diketahui, kemudian dicocokkan fakta-fakta tersebut dengan bagian *IF* dari aturan *IF-THEN*. Bila ada aturan yang cocok dengan bagian *IF*, maka aturan tersebut dieksekusi. Bila aturan dieksekusi maka sebuah fakta baru (bagian *THEN*) ditambahkan ke dalam basis data. Pencocokan dimulai dari aturan teratas dan setiap aturan hanya boleh dieksekusi sekali (Angga, 2014). Alur metode inferensi *Forward Chaining* terlihat seperti Gambar 2.3.



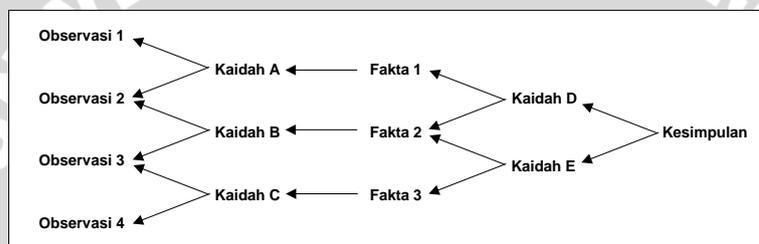
Gambar 2.3 Alur metode forward chaining

Sumber : (Angga, 2014)

Berdasarkan Gambar 2.3 dapat dijelaskan Observasi adalah kegiatan yang para pakar tanaman pepaya lakukan untuk melihat gejala (kaidah) secara fisik pada tanaman tersebut. Sehingga dapat menghasilkan fakta bahwa tanaman pepaya terserang hama dan penyakit. Observasi akan terus dilakukan sampai pada tahap penarikan kesimpulan dari semua fakta yang telah didapat.

2. Backward Chaining

Metode inferensi yang bekerja mundur ke arah kondisi awal. Proses diawali dari goal (yang berada pada bagian *THEN* dari aturan *IF-THEN*), kemudian pencarian mulai dijalankan untuk mencocokkan apakah fakta-fakta yang ada cocok dengan premis-premis di bagian *IF*. Jika cocok, maka aturan dieksekusi, kemudian hipotesis di bagian *THEN* ditempatkan di basis data sebagai fakta baru. Jika tidak cocok simpan premis di bagian *IF* ke dalam subgoal. Proses berakhir jika goal ditemukan atau tidak ada aturan yang bisa membuktikan kebenaran subgoal atau goal. Alur metode inferensi *Backward Chaining* terlihat seperti Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Alur metode backward chaining

Sumber : (Angga, 2014)

Berdasarkan Gambar 2.4 didapat penjelasan bahwa ketika para pakar tanaman pepaya mengetahui tanaman tersebut terserang hama dan penyakit maka para pakar akan melakukan penelitian terhadap gejala (kaidah) hama dan penyakit yang ditimbulkan. Sehingga akan didapatkan fakta mengenai tanaman pepaya terkena hama dan penyakit. Para pakar tanaman pepaya dapat melakukan observasi ke lapangan dan memberikan arahan untuk menjaga tanaman pepaya yang tidak terserang hama dan penyakit.

2.2.3 Teori Dempster-Shafer

Teori Dempster-Shafer adalah suatu teori matematika untuk pembuktian berdasarkan *belief functions and plausible reasoning* (fungsi kepercayaan dan pemikiran yang masuk akal), yang digunakan untuk mengkombinasikan potongan informasi yang terpisah (bukti) untuk mengkalkulasi kemungkinan dari suatu peristiwa. Teori ini dikembangkan oleh Arthur P. Dempster dan Glenn Shafer (Aryati, 2013).

Secara umum teori *Dempster-Shafer* ditulis dalam suatu interval: $[Belief, Plausibility]$. *Belief* (Bel) adalah ukuran kekuatan *evidence* dalam mendukung suatu himpunan proposisi. Jika bernilai 0 maka mengindikasikan bahwa tidak ada *evidence*, dan jika bernilai 1 menunjukkan adanya kepastian. *Plausibility* (Pls) akan mengurangi tingkat kepastian dari *evidence*.

Plausibility bernilai 0 sampai 1. Jika yakin akan X' , maka dapat dikatakan bahwa $Bel(X') = 1$, sehingga rumus nilai dari $Pls(X) = 0$ (Aprilia, 2008).

Misalkan : $\theta = \{GK, BK, PT, DBM\}$ Dengan :

GK = Garis Kuning PT = Busuk Tajuk;

BK = Busuk kuncup DBM = Busuk pucuk.

Tujuannya adalah membangkitkan kepercayaan elemen-elemen θ . Tidak semua evidence secara langsung mendukung tiap-tiap elemen. Sebagai contoh, kuncup yang berwarna kecoklatan dan membusuk mungkin hanya mendukung $\{GK, PT, DBM\}$, Untuk itu perlu adanya probabilitas densitas (m). Nilai m tidak hanya mendefinisikan elemen-elemen θ saja, namun juga semua subsetnya. Sehingga jika θ berisi n elemen, maka subset dari θ semua berjumlah 2^n . Jadi harus ditunjukkan bahwa jumlah semua m dalam subset θ sama dengan 1. Andaikan tidak ada informasi apapun untuk memilih ke empat hipotesis tersebut, maka nilai: $M\{\theta\}=1,0$ Jika kemudian diketahui bahwa kuncup yang berwarna kecoklatan dan membusuk merupakan gejala dari busuk kuncup, busuk batang dan busuk pucuk dengan $m= 0,8$, maka: $M\{GK, BK, DBM\}= 0,8M\{\theta\}= 1-0,8 = 0,2$

Andaikan diketahui X adalah subset dari θ , dengan m_1 sebagai fungsi densitasnya, dan Y juga merupakan subset dari θ dengan m_2 sebagai fungsi densitasnya, maka dapat dibentuk fungsi kombinasi m_2 sebagai m_3 , yaitu $m_3(Z) = m_2$. Adapun rumusan persamaan *Dempster-Shafer* ditunjukkan pada persamaan 2.1.

$$m_3(Z) = \frac{\sum_{X \cap Y = Z} m_1(X) \cdot m_2(Y)}{1 - \sum_{X \cap Y = \emptyset} m_1(X) \cdot m_2(Y)}$$

Persamaan 2.1 Rumus persamaan *Dempster-Shafer*(2.1)

Dengan :

- $m_1(X)$ adalah *mass function* dari *evidence* X
- $m_2(Y)$ adalah *mass function* dari *evidence* Y
- $m_3(Z)$ adalah *mass function* dari *evidence* Z
- k adalah jumlah *conflict evidence*

Nilai yang dihasilkan dari teori ini berupa persentase tiap elemen-elemen θ , dan juga semua subset-nya. Makin rendah persentase *frame of discernment* menggambarkan makin baik tingkat pemahaman user dalam materi tersebut. Penilaian diberikan kepada elemen-elemen berdasarkan hasil persentasi ini.

2.2.3.1 Kelebihan metode *dempster-shafer*

- Masalah sulit menemukan *prior* dapat dihindari.
- Selain *uncertainty, ignorance* juga dapat dinyatakan.
- Lebih mudah untuk menyatakan *evidence* dengan berbagai tingkat abstraksi.
- Aturan kombinasi *dempster* dapat digunakan untuk menggabungkan *evidence* (Blutner, 2011).

2.2.3.2 Kekurangan metode *dempster-shafer*

- Ada potensi untuk masalah komputasi kompleksitas.
- Hampir tidak ada teori *decision making* yang mapan.
- Ketika dilakukan perbandingan antara *dempster-shafer* dan teori probabilitas, hampir tidak ditemukan kelebihan *dempster-shafer* (Blutner, 2011).

2.2.4 Metode pengendalian hama penyakit tanaman pepaya

Pepaya merupakan salah satu komoditas buah-buahan yang paling dicari dan dibutuhkan oleh semua masyarakat di Indonesia. Penjelasan umum tanaman pepaya yang dibahas meliputi klasifikasi tanaman pepaya, morfologi, hama dan penyakit tanaman pepaya.

2.2.4.1 Klasifikasi tanaman pepaya

Sistematika Tanaman Pepaya terlihat seperti Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sistematika tanaman pepaya

Divisi	<i>Spermatophyta</i>
Sub Divisi	<i>Magnoliophyta</i>
Kelas	<i>Angiospermae</i>
Ordo	<i>Violales</i>
Famili	<i>Caricaceae</i>
Genus	<i>Carica</i>
Species	<i>Carica pepaya L.</i>

Sumber: (Suprpti, 2005)

2.2.4.2 Morfologi

Secara morfologis bagian-bagian tanaman pepaya adalah sebagai berikut (Petanihebat, 2013).

a. Akar

Akar adalah bagian pokok yang nomor tiga (disamping batang dan daun) bagi tumbuhan yang tubuhnya telah merupakan komus. Akar pepaya merupakan akar serabut (*radix advencita*), karena akar-akar ini bukan berasal dari calon akar yang asli atau yang disebut dengan akar liar, dan bentuknya seperti serabut. Sistem akar serabut yaitu jika akar lembaga dalam perkembangan selanjutnya mati atau kemudian disusul oleh sejumlah akar yang kurang lebih sama besar dan semuanya keluar dari pangkal batang.

b. Buah

Pepaya termasuk dalam golongan buah sungguh (buah sejati) tunggal. Buah sejati tunggal yaitu buah sejati yang terdiri dari bunga denga satu bakal buah

saja. Buah ini dapat berisi satu biji atau lebih, dapat pula tersusun dari satu atau banyak daun buah dengan satu atau banyak naungan. Dalam buah pepaya terjadi dari beberapa daun buah dengan satu ruang dan banyak biji. Pepaya juga termasuk buah buni (*bacca*). Biji-biji terdapat bebas dalam bagian yang lunak itu. Pepaya termasuk buah buni yang ber dinding tebal dan dapat dimakan. Buah pepaya juga bentuknya bulat sampai lonjong.

c. Daun

Daun merupakan tumbuhan yang paling penting dan umunya tiap tumbuhan mempunyai sejumlah besar daun. Daun pepaya merupakan daun tunggal, berukuran besar, dan bercangap, juga mempunyai bagian-bagian daun lengkap (*falicum completum*) atau upih daun (*vagina*), tangkai daun (*petiolus*) dan helaian daun (*lamina*). Daun pepaya dikatakan mempunyai bangun bulat (*orbicularis*), ujung daun yang meruncing, tangkai daun panjang dan berongga. Dilihat dari susunan tulang daunnya, daun pepaya termasuk daun-daun yang bertulang menjari (*palmineruis*). Daun yang muda terbentuk dibagian tengah tanaman.

d. Bunga

Bunga merupakan bagian-bagian yang secara langsung berguna untuk mempertahankan kehidupan (untuk penyerapan makanan, pengolahan, bahan-bahan yang diserap menjadi bahan-bahan yang digunakan oleh tumbuhan untuk keperluan hidupnya : paernafasan, pertumbuhan, dll). Pepaya termasuk golongan tumbuhan poligam (*polygamus*), karena pada satu tumbuhan terdapat bunga jantan, bunga betina purna. Biasanya poligam dimaksud untuk menunjukkan sifat tumbuhan bertalian dengan sifat bunga tali yang memperlihatkan suatu kombinasi bukan berumah satu dan juga bukan berumah dua.

2.2.4.3 Jenis hama dan penyakit pada tanaman pepaya

Pengendalian terhadap hama dan penyakit untuk mencegah penurunan tingkat produktivitas dan kerugian dari hasil panen tanaman pepaya. Beberapa hama dan penyakit yang menyerang tanaman Pepaya, diantaranya (BPPP, 2006):

2.2.4.4 Hama pada tanaman pepaya

Beberapa jenis hama dalam tanaman pepaya, yaitu (BPPP, 2006):

1. Hama Kutu Sisik

Serangga penghisap ini mengakibatkan tanaman kehilangan cairan pada daun dan batang yang berdampak terhadap penurunan vigoritas. Serangan yang berat mengakibatkan penguningan dan abnormalitas bentuk daun. Serangan pada batang tanaman muda mengakibatkan mati pucuk, sedangkan pada buah mengakibatkan kegagalan masak terutama pada bagian buah yang terserang.

Selain itu ketika tanaman terserang kutu sisik, gejala lain yang timbul adalah permukaan batang, buah, daun penuh dengan kutu sisik. Daun, batang, buah yang terserang hama kutu sisik menjadi busuk. Adapun gambar hama kutu sisik ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Hama kutu sisik

Sumber: (BPPP, 2006)

2. Hama Tungau

Hama ini menyerang tanaman papaya dengan menghisap cairan sel jaringan daun, buah dan batang. Akibat serangannya daun menampilkan gejala klorotik keperak-perakan, selanjutnya daun akan mengering dan berubah warna menjadi kuning kecoklatan dan akhirnya rontok. Jika serangan terjadi pada buah, maka buah yang dihasilkan berbrcak-bercak keriput (*scaring*). Selain itu tungau ini juga berperan sebagai vector beberapa jenis virus. Adapun gambar hama Tungau ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Hama tungau

Sumber: (BPPP, 2006)

3. Hama Kutu Aphids

Serangan berat mengakibatkan tanaman menjadi kerdil dan layu. Daun mengalami nekrosis serta warnanya menjadi tidak normal. Pada bagian yang terserang akan banyak terdapat embun gula di mana semut bergerombol. Serangan tingkat lanjut daun menjadi menggulung. Adapun gambar hama kutu aphids ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Hama kutu aphids

Sumber: (BPPP, 2006)

4. Hama Lalat Buah (*Toxotrypana Curvicauda*)

Pada buah yang hamper masak terdapat bintik-bintik hitam bekas tusukan ovipositor lalat buah betina ketika memasukan telur ke dalam jaringan buah. Larva yang baru menetas segera mendapat pakan yang berlimpah. Larva menggunakan alat mulutnya yang berupa kait tajam untuk mengorek daging buah sambil mengeluarkan enzim perusak atau pencerna yang berfungsi melunakkan daging buah sehingga mudah disedot dan dicerna. Enzim ini juga memperkuat pembusukan, buah berwarna coklat, tidak menarik dan terasa pahit bila dimakan. Selanjutnya buah akan mengeluarkan aroma kuat yang diduga berasal dari senyawa alcohol. Apabila aktivitas pembusukan sudah mencapai tahap lanjut buah akan jatuh ke tanah bersamaan dengan masaknya larva lalat buah yang siap memasuki fase pupa. Adapun gambar hama lalat buah ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Hama lalat buah

Sumber: (BPPP, 2006)

2.2.4.5 Penyakit pada tanaman pepaya

1. Penyakit Busuk Akar dan Pangkal Batang

Mula-mula daun bawah layu, menguning dan menggantung di sekitarr batang sebelum rontok. Seterusnya daun-daun yang agak muda juga menunjukkan gejala yang sama, sehingga tanaman hanya mempunyai sedikit daun-daun kecil di puncaknya. Akhirnya tanaman mati. Jika digali akar lateral membusuk, menjadi masa berwarna coklat tua, lunak, dan seringkali berbau

tidak enak. Serangan parah dapat merusak akar tunggang sampai pangkal batang. Jamur ini juga bisa menyerang tanaman dalam pembibitan yang dikenal dengan penyakit semai domping off. Serangan pada buah dimulai dari dekat tangkai yang ditandai dengan adanya miselium berwarna putih seperti beludru. Adapun gambar penyakit busuk akar dan pangkal batang ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Penyakit busuk akar dan pangkal batang

Sumber: (BPPP, 2006)

2. Penyakit Layu bakteri

Tangkai daun dan batang yang masih hijau terdapat bercak-bercak kebasah-basahan. Pada tanaman muda daun menguning dan membusuk. Setelah beberapa lama bagian tunas-tunas muda mengalami kematian. Pada helaian daun yang besar terdapat bercak-bercak kering yang bentuknya tidak teratur, selanjutnya meluas sepanjang tulang-tulang daun. Jika penyakit telah menyerang batang, batang akan membusuk, semua daunnya akan gugur dan pada akhirnya diikuti oleh matinya seluruh tanaman. Adapun gambar penyakit layu bakteri ditunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Penyakit layu bakteri

Sumber: (BPPP, 2006)

3. Penyakit *Ringspot Virus*

Gejala awal virus ini mengakibatkan warna kekuningan dan transparansi tulang-tulang daun muda. Pada daun terdapat bercak kuning dan kadang-kadang daun seperti terpelintir dengan bentuk yang tidak teratur. Terdapat garis-garis hijau gelap dan bercak seperti cincin pada tangkai daun dan batang. Pada buah bercak seperti cincin atau mirip huruf C ini berwarna lebih gelap daripada kulit buah papaya. Pada buah yang sudah masak bercak seperti cincin ini berwarna orange sampai coklat gelap. Adapun gambar penyakit layu bakteri ditunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Penyakit *ringspot virus*

Sumber: (BPPP, 2006)

4. Penyakit Busuk Buah (*Antraknose*)

Serangan pada buah muda ditandai dengan munculnya bercak kecil kebasah-basahan. Bagian ini mengeluarkan getah yang berbentuk bintik. Serangan pada buah muda berkembang sangat lambat dan akan berkembang cepat saat buah menjelang masak. Pada buah yang menjelang matang muncul bercak-bercak kecil bulat kebasah-basahan berwarna coklat kemerahan. Pada waktu buah matang bercak ini membesar dengan cepat, membentuk bercak bulat berwarna coklat kemerahan agak mengendap.

Selanjutnya jamur membentuk masa spora yang berwarna jingga/merah jambu pada pusat bercak. Infeksi pada daun ditandai dengan munculnya bercak kecil kebasahan dengan bentuk tidak teratur. Bercak membesar dengan warna coklat muda. Bercak-bercak ini dapat bersatu sehingga menjadi sangat besar. Bercak yang sudah tua mempunyai pusat berwarna putih kelabu. Pada pusat bercak yang sudah tua terdapat bintik hitam yang terdiri dari badan buah (*aservulusi*) jamur. Adapun gambar penyakit layu bakteri ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Penyakit busuk buah (antraknose)

Sumber: (BPPP, 2006)

2.2.4.6 Pengendalian hama dan penyakit tanaman pepaya

Pengendalian dilakukan melalui kegiatan pemantauan dan pengamatan, pengambilan keputusan, dan tindakan pengendalian dengan memperhatikan keamanan bagi manusia serta lingkungan hidup secara berkesinambungan (Udiarto, 2005).

Pemantauan dan pengamatan dilakukan terhadap perkembangan dan faktor lingkungan yang mempengaruhinya. Pengambilan keputusan dilakukan berdasarkan hasil analisis data pemantauan dan pengamatan. Keputusan dapat berupa diteruskannya pemantauan dan pengamatan, atau tindakan pengendalian. Pemantauan dan pengamatan dilanjutkan jika populasi dan atau tingkat serangan tidak menimbulkan kerugian secara ekonomis. Pengendalian dilakukan jika populasi dan atau tingkat serangan OPT dapat menimbulkan kerugian secara ekonomis.

2.2.5 Pengujian (*Testing*)

Pengujian dapat berarti proses untuk mengecek apakah suatu perangkat lunak yang dihasilkan sudah dapat dijalankan sesuai dengan standar tertentu. Secara umum ada dua jenis pengujian, yaitu Pengujian *White Box* dan pengujian *Black Box*. *White Box Testing* merupakan cara pengujian dengan melihat kedalam modul untuk meneliti kode-kode program yang ada dan menganalisa apakah ada kesalahan atau tidak. Sedangkan *Black Box Testing* adalah metode pengujian perangkat lunak yang tes fungsionalitas dari aplikasi yang bertentangan dengan struktur internal atau kerja.

Metode dalam pengujian terdiri atas *White box testing* dan *Black box testing*. *White box testing* merupakan pengujian yang didasarkan pada pengecekan terhadap detail perancangan dengan menggunakan struktur kontrol dari desain program secara procedural. *Black box testing* merupakan pengujian yang fokus pada persyaratan fungsional perangkat lunak. *Blackbox testing* menggunakan pendekatan komplementer yang memungkinkan untuk mengungkap kesalahan [TUR-05].

2.2.5.1 Pengujian validasi

Langkah selanjutnya setelah semua kesalahan pada sistem diperbaiki adalah pengujian validasi (*validasi testing*). Pengujian validasi dikatakan berhasil apabila fungsi yang ada pada perangkat lunak sesuai dengan yang diharapkan oleh pemakai. Validasi perangkat lunak merupakan kumpulan seri uji coba *black box* yang menunjukkan sesuai dengan yang diperlukan.

Kemungkinan kondisi setelah pengujian:

1. Karakteristik performansi fungsi sesuai dgn spesifikasi dan dapat diterima
2. Penyimpangan dari spesifikasi ditemukan dan dibuatkan daftar penyimpangan.

2.2.5.2 Pengujian akurasi

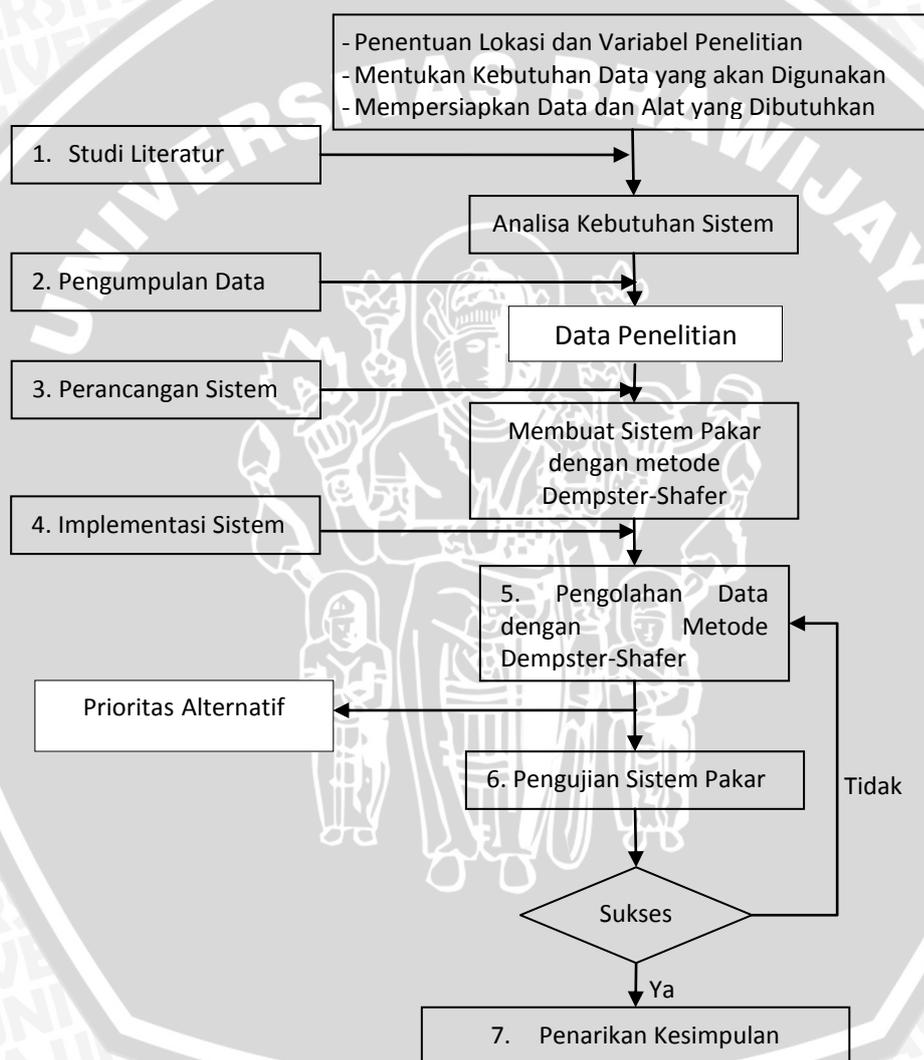
Akurasi merupakan ukuran kedekatan suatu hasil pengukuran dengan angka sebenarnya (*true value / refrence value*). Pengujian akurasi dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam memberikan kesimpulan. Perhitungan akurasi dapat menggunakan rumus seperti pada persamaan (2-2).

$$Akurasi = \frac{\sum \text{data uji benar}}{\sum \text{data uji}} \times 100\% \dots \dots \dots (2-2)$$



BAB 3 METODOLOGI

Pada bab ini akan dijelaskan tentang langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian Pemodelan Sistem Pakar Diagnosa Hama Penyakit Pada Tanaman Pepaya Dengan menggunakan Metode *Dempster-Shafer*. Metodologi penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini melalui beberapa tahapan yaitu observasi dan wawancara, analisis kebutuhan pengguna, perancangan sistem dan arsitektur sistem pakar, implementasi, pengujian, dan pembuatan laporan. Tahapan dalam penelitian ini dapat diilustrasikan dengan diagram blok metode penelitian seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Metodologi penelitian

3.1 Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan dan mempelajari literatur dari beberapa bidang ilmu yang berhubungan dengan pembuatan sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya, diantaranya:

- a. Sistem Pakar
- b. Metode *Dempster-Shafer*
- c. Jenis hama penyakit tanaman pepaya dan saran penanganannya
- d. Pemrograman menggunakan bahasa pemrograman PHP
- e. DBMS MySQL
- f. Proses pengujian sistem.

Literatur tersebut diperoleh dari buku, jurnal, karya tulis ilmiah, website, penelitian sebelumnya, dan penjelasan dari pihak BPTP Karangploso serta pakar penyakit tanaman pepaya Prof. Dr. Ir. Moh. Cholil Mahfud, M.S.

3.2 Pengumpulan data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan di BPTP Karangploso. Variabel penelitian pada skripsi ini adalah jenis hama penyakit apa yang menyerang tanaman pepaya berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode *Dempster-Shafer*. Selain hasil diagnosis penyakit tanaman pepaya, sistem pakar ini juga menghasilkan solusi penanganan yang perlu dilakukan sesuai dengan hasil diagnosis. Hipotesis dari penelitian ini adalah membuat sistem pakar untuk menentukan jenis penyakit apakah yang menyerang tanaman pepaya dan bagaimana solusi penanganan dari penyakit tersebut.

Berdasarkan cara pengumpulan data untuk kegiatan penelitian terdapat dua jenis data yaitu data sekunder dan data primer. Data sekunder adalah data yang telah dikumpulkan oleh orang lain dan tidak dipersiapkan untuk kegiatan penelitian tetapi dapat digunakan untuk tujuan penelitian seperti melalui buku literatur. Data primer adalah data yang didapatkan langsung dari responden penelitian. Metode pengumpulan data primer yang bersifat kuantitatif dengan melakukan wawancara. Pada Tabel 3.1 dapat dilihat kebutuhan data pada penelitian ini.

Tabel 3.1 Penentuan kebutuhan data penelitian

No.	Kebutuhan Data	Sumber Data	Metode	Kegunaan Data
1.	Data penyakit tanaman pepaya	Buku Literatur	Observasi	Menentukan penyakit tanaman pepaya dan solusi penanganannya
2.	Densitas tiap gejala penyakit tanaman pepaya	Pakar Penyakit Tanaman Pepaya	Wawancara	Menentukan nilai densitas gejala tiap penyakit tanaman pepaya
3.	Data kasus tanaman pepaya yang terserang penyakit	BPTP Karangploso	Observasi	Data yang didapat akan digunakan sebagai contoh perhitungan dengan metode <i>Dempster-Shafer</i>
4.	Pengujian kasus perhitungan	Data kasus tanaman	Observasi	Pengujian untuk menentukan penyakit

manual penyakit tanaman pepaya	pepaya yang terserang penyakit	yang menyerang tanaman pepaya.
--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

3.3 Analisis kebutuhan

Analisis kebutuhan adalah tahapan yang dilakukan untuk menentukan kebutuhan apa saja yang dibutuhkan dalam membangun sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya. Berikut analisis kebutuhan dalam penelitian ini.

1. Kebutuhan perangkat keras, meliputi:
 - Laptop dengan *Processor Intel® Core™ i5-3317U CPU @ 1.70GHz*
2. Kebutuhan perangkat lunak, meliputi:
 - Sistem Operasi Windows 7
 - Google Chrome versi 48.0.2564.116 m
 - XAMPP versi 3.0.12
 - PHP Designer
3. Kebutuhan data, meliputi:
 - Data gejala dan penanganan penyakit tanaman pepaya

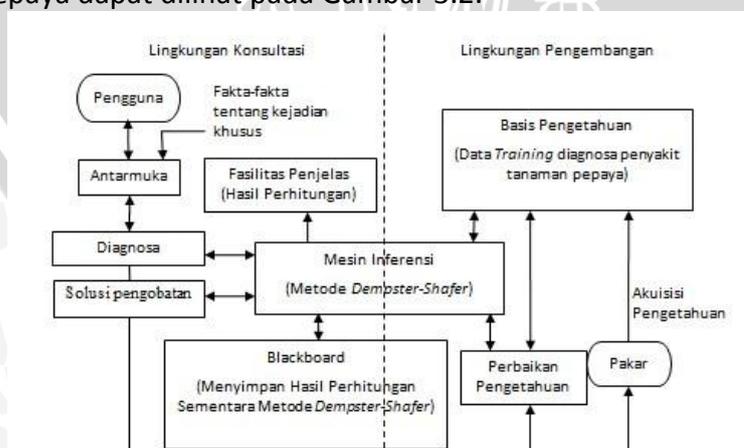
Data hasil observasi lapang penyakit tanaman pepaya di BPTP Karangploso.

3.4 Perancangan sistem

Pada tahap perancangan sistem akan dijelaskan rancangan prosedur kerja dalam membangun sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya secara rinci. Prosedur yang akan dijelaskan meliputi segi model maupun dari segi arsitektur sistem pakar. Tahapan perancangan bertujuan untuk mempermudah implementasi dan pengujian dalam sistem pakar. Langkah kerja dalam sistem akan disesuaikan dengan arsitektur sistem pakar.

3.4.1 Arsitektur sistem pakar

Pada perancangan arsitektur sistem pakar terbagi menjadi beberapa bagian yang saling berkaitan. Arsitektur sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya dapat dilihat pada Gambar 3.2.

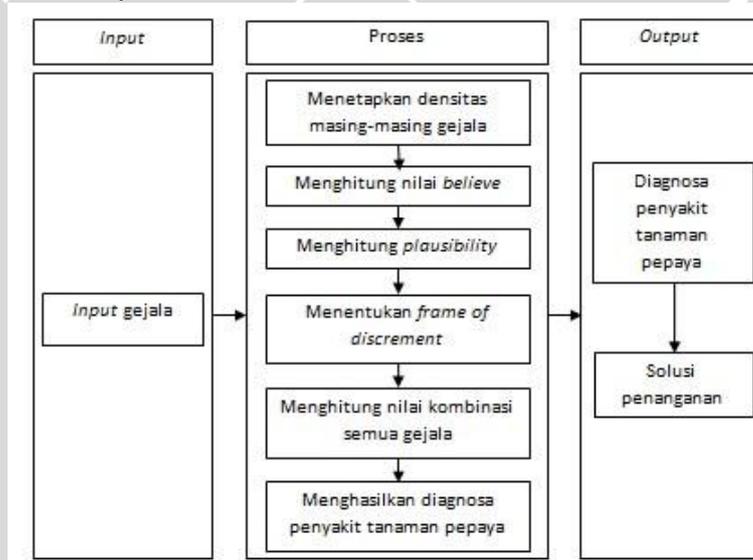


Gambar 3.2 Arsitektur permodelan sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya

Pada gambar 3.2 dijelaskan tentang arsitektur sistem pakar yang mewakili beberapa komponen sistem pakar yang akan dibangun. Pada sistem diagnosa penyakit tanaman pepaya menggunakan metode *Dempster-Shafer* ini, terdapat pengguna yaitu petani ataupun pengusaha yang membutuhkan solusi, saran, atau pelatihan (*training*) dari permasalahan penyakit tanaman pepaya. Antarmuka berfungsi sebagai perantara antara sistem pakar dan pengguna. Antarmuka pada sistem ini akan menampilkan halaman-halaman yang digunakan oleh pengguna untuk melakukan konsultasi, yaitu halaman untuk diagnosa, halaman solusi penanganan, serta halaman pendukung lainnya.

3.4.2 Diagram blok mesin inferensi

Diagram blok mesin inferensi adalah diagram yang berbentuk blok-blok yang berfungsi untuk menggambarkan aliran proses dari komponen-komponen sistem yang memuat fungsi matematis dalam mesin inferensi. Diagram blok mesin inferensi menjelaskan cara kerja sistem yang dimulai dari masukkan sampai keluaran yang dihasilkan. Diagram blok mesin inferensi yang akan digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram blok pemodelan sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya

Pada di atas terdiri dari tiga proses utama, yaitu:

- *Input*
 - Input* pada sistem pakar ini adalah gejala yang muncul pada tanaman pepaya yang terkena penyakit, yaitu
 - a. Gejala pada akar
 - Akar Lateral membusuk dan berbau tidak enak
 - b. Gejala pada batang
 - Batang dipenuhi dengan kutu sisik
 - Batang menjadi busuk
 - Serangan pada batang tanaman muda mengakibatkan mati pucuk

- c. Gejala pada daun
 - Daun menggulung
 - Daun mengering dan berubah warna menjadi kuning kecoklatan
 - Daun dipenuhi dengan kutu sisik
 - Daun menjadi busuk
 - Pada daun terdapat keperak-perakan
 - Daun mengering dan berubah warna menjadi kuning kecoklatan
 - Daun bawah layu, menguning dan menggantung di sekitar batang sebelum rontok
 - Daun gugur
 - Pada daun terdapat becak kuning
 - Daun seperti terpelintir
- d. Gejala pada buah
 - Buah dipenuhi dengan kutu sisik
 - Buah menjadi busuk
 - Pada buah terdapat bercak-bercak keriput
 - Pada buah yang hampir masak terdapat bintik-bintik hitam bekas tusukan ovipositor lalat buah betina
 - Buah berwarna coklat, tidak menarik, dan terasa pahit bila dimakan
 - Buah mengeluarkan aroma alcohol
 - Pada buah terdapat becak seperti cincin
 - Pada buah muda terdapat becak kecil kebasah-basahan
- e. Gejala secara umum
 - Tanaman mati
 - Tanaman akan layu
 - Tanaman menjadi kerdil dan layu
 - Tanaman berdaun sedikit
 - Daun mengalami nekrosis serta warnanya menjadi tidak normal
 - Buah jatuh ke tanah
 - Batang busuk, daun gugur dan tanaman mati
- Proses

Proses perhitungan pada penelitian ini menggunakan metode *Dempster-Shafer* untuk menentukan keputusan diagnosa penyakit tanaman pepaya dan solusi penanganan berdasarkan data *training*. Tahap-tahap perhitungan menggunakan metode *Dempster-Shafer*, antara lain sebagai berikut.

 1. Menetapkan densitas masing-masing gejala
 2. Menghitung nilai *believe*
 3. Menghitung *plausibility*
 4. Menentukan *frame of discrement*
 5. Menghitung nilai kombinasi semua gejala

Nilai kombinasi dari semua gejala yang diperoleh akan dicari nilai terbesar untuk digunakan sebagai hasil keputusan diagnosa penyakit tanaman pepaya.

- *Output*

Hasil dari sistem pakar ini adalah keputusan berupa hasil diagnosa penyakit yang diambil berdasarkan nilai terbesar dari nilai kombinasi seluruh gejala yang telah dimasukkan. Selain hasil dari diagnosa penyakit tanaman pepaya, sistem juga memberikan solusi penanganan sesuai dengan hasil diagnosa penyakit.

3.5 Implementasi sistem

Implementasi sistem merupakan tahapan membangun sistem sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam implementasi antara lain:

- Implementasi *interface* (antarmuka) sistem pakar.
- Implementasi algoritma *Dempster-Shafer* ke dalam bahasa pemrograman PHP.
- Implementasi basis data dengan menggunakan DBMS MySQL pada *server localhost* (XAMPP) yang bertujuan untuk memudahkan melakukan manipulasi dan penyimpanan data.
- *Output* yang diperoleh berupa hasil diagnosa penyakit tanaman pepaya dan solusi penanganan.

3.6 Pengujian sistem

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap keberhasilan sistem pakar yang telah dibangun dan akurasi sistem yang telah dibuat pada tahap implementasi. Selanjutnya melakukan evaluasi terhadap sistem sehingga mengetahui hasil dari sistem yang nantinya dijadikan sebagai kesimpulan untuk hasil dari pembuatan Permodelan Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Tanaman Pepaya Menggunakan Metode *Dempster-Shafer*. Pengujian yang dilakukan meliputi:

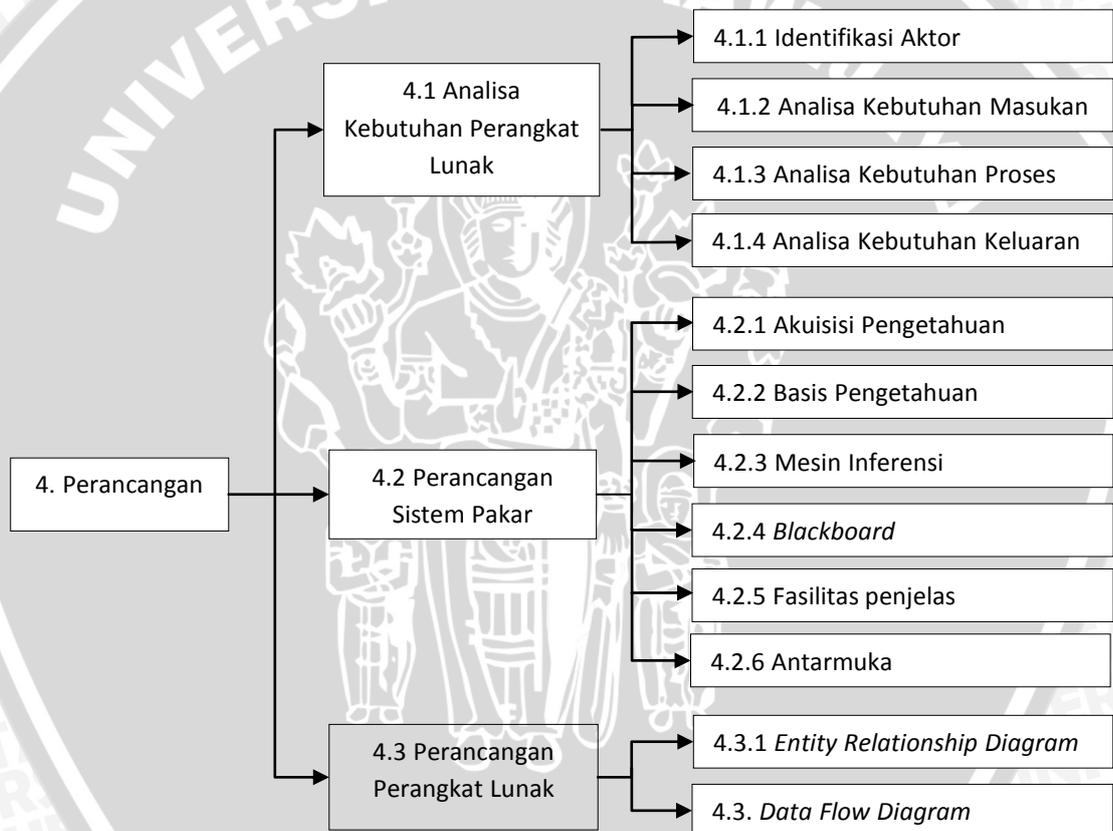
1. Pengujian validasi sistem dengan menggunakan pengujian *blackbox* yang menjelaskan hubungan kesesuaian antara fungsi hasil kerja sistem dengan daftar kebutuhan sistem.
2. Pengujian akurasi, dilakukan dengan mencocokkan data *output* sistem perhitungan manual dengan data *output* perhitungan sistem, dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2.

3.7 Penarikan kesimpulan

Kesimpulan dilakukan setelah semua tahapan perancangan, implementasi, dan pengujian metode yang diterapkan telah selesai dilakukan. Kesimpulan diambil dari hasil pengujian dan analisis metode *Dempster-Shafer* yang diterapkan. Tahap terakhir dari penulisan adalah saran yang dimaksudkan untuk memperbaiki kesalahan-kesalahan yang terjadi dan menyempurnakan penulisan serta untuk memberikan pertimbangan atas pengembangan aplikasi selanjutnya.

BAB 4 PERANCANGAN

Pada bab ini membahas mengenai perancangan pemodelan sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya menggunakan metode *Dempster-Shafer*. Perancangan ini dilakukan meliputi tiga tahap, yaitu proses analisa kebutuhan perangkat lunak, perancangan perangkat lunak, dan perancangan sistem pakar. Analisa kebutuhan perangkat lunak terdiri dari identifikasi aktor, analisa kebutuhan masukan, analisa kebutuhan proses, dan analisa kebutuhan keluaran. Perancangan sistem pakar terdiri dari akuisisi pengetahuan, basis pengetahuan, mesin inferensi, *blackboard*, fasilitas penjelas, perancangan algoritma, dan antarmuka. Perancangan perangkat lunak terdiri dari *Entity Relationship Diagram* dan *Data Flow Diagram*. Pohon perancangan sistem pakar dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram perancangan

4.1 Analisa kebutuhan perangkat lunak

Analisa kebutuhan perangkat lunak dimulai dengan identifikasi aktor dalam sistem pakar, analisa kebutuhan masukan, proses, dan keluaran. Analisa kebutuhan ini bertujuan untuk menganalisa kebutuhan-kebutuhan yang harus disediakan oleh sistem pakar yang akan dibangun agar dapat memenuhi kebutuhan pengguna. Berikut ini adalah kebutuhan yang digunakan dalam pembuatan sistem pakar :

1. Kebutuhan *Hardware*, meliputi :
 - Komputer
2. Kebutuhan *Software*, meliputi :
 - Sistem Operasi Windows 7
 - XAMPP sebagai server *localhost*, MySQL termasuk di dalamnya sebagai *Database Management System (DBMS)*
 - Aplikasi PHP Designer
3. Data yang dibutuhkan meliputi :
 - Data densitas tiap gejala penyakit tanaman pepaya
 - Data solusi penanganan untuk setiap penyakit tanaman pepaya

4.1.1 Identifikasi aktor

Tahapan identifikasi aktor bertujuan untuk menganalisa siapa saja aktor yang akan berinteraksi dengan sistem pakar yang dibangun. Pada tabel 4.1 disebutkan aktor yang berperan dalam sistem yang dilengkapi dengan deskripsi masing-masing aktor.

Tabel 4.1 Identifikasi aktor

No.	Aktor	Deskripsi Aktor
1.	Pengguna Umum (PU)	Pengguna umum adalah pengguna yang belum terdaftar dalam sistem, sehingga tidak dapat melakukan konsultasi dengan sistem. Pengguna ini hanya dapat melihat informasi mengenai penyakit tanaman pepaya.
2.	Pengguna Terdaftar (PT)	Pengguna terdaftar adalah pengguna yang sudah terdaftar pada sistem sehingga dapat berkonsultasi dengan sistem. Hasil dari konsultasi dengan sistem ini adalah diagnosa penyakit yang menyerang tanaman pepaya dan solusi penanganan yang relevan dengan penyakit tanaman pepaya yang berhasil didiagnosa.
3.	Pakar (PA)	Pakar dalam sistem pakar yang dibangun ini merupakan seorang pakar di bidang penyakit tanaman pepaya. Dalam sistem ini pakar dapat mengelola data berupa data penyakit, gejala, densitas, dan solusi penanganan. Selain <i>update</i> data, pakar juga dapat melihat data-data riwayat diagnosa hama penyakit dan melakukan uji coba konsultasi untuk mengecek kebenaran jalannya sistem.
4.	<i>Knowledge Engineer</i> (KE)	<i>Knowledge Engineer</i> berperan untuk memasukkan keahlian seorang pakar ke dalam sistem pakar. <i>Knowledge Engineer</i> dapat melakukan semua aktivitas dalam sistem pakar

	yang dibuat, seperti mengelola data berupa data penyakit, gejala, densitas, solusi penanganan, melihat riwayat diagnosa hama penyakit, melakukan uji coba konsultasi, dan mengelola data pengguna sistem pakar.
--	---

4.1.2 Analisa kebutuhan masukan

Pada analisa kebutuhan masukan akan menjelaskan beberapa kebutuhan masukan sistem yang harus dipenuhi saat pengguna berinteraksi dengan sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya. Daftar kebutuhan ini terdiri dari beberapa kolom, antara lain kolom yang menerangkan kebutuhan sistem maupun antarmuka yang harus disediakan oleh sistem, pengguna, dan nama proses yang akan menunjukkan fungsionalitas masing-masing kebutuhan tersebut. Daftar kebutuhan fungsional keseluruhan sistem ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Daftar kebutuhan fungsional

ID	Kebutuhan	Pengguna	Nama Aliran Data
KF-01	Sistem mampu menerima inputan <i>login</i>	PT, PA, KE	<i>Login</i>
KF-02	Sistem mampu menerima perintah <i>logout</i>	PT, PA, KE	<i>Logout</i>
KF-03	Sistem mampu melakukan registrasi pengguna baru	PT	Registrasi
KF-04	Sistem mampu menerima <i>input</i> data gejala untuk proses diagnosa	PT	Input data fakta gejala
KF-05	Sistem mampu menampilkan hasil diagnosa penyakit pada tanaman jarak beserta solusi penanganannya berdasarkan gejala yang dimasukkan beserta	PT	Diagnosa penyakit pada tanaman pepaya
KF-06	Sistem dapat menampilkan riwayat diagnosa kepada pengguna	PT	Riwayat diagnosa pengguna
KF-07	Sistem mampu melakukan penambahan data gejala	PA, KE	Tambah gejala
KF-08	Sistem mampu melakukan penghapusan data gejala	PA, KE	Hapus gejala
KF-09	Sistem mampu melakukan	PA, KE	Edit gejala

	perubahan data gejala		
KF-10	Sistem mampu melakukan penambahan data penyakit	PA, KE	Tambah penyakit
KF-11	Sistem mampu melakukan penghapusan data penyakit	PA, KE	Hapus penyakit
KF-12	Sistem mampu melakukan perubahandata penyakit	PA, KE	Edit penyakit
KF-13	Sistem mampu melakukan penambahan data densitas	PA, KE	Tambah densitas
KF-14	Sistem mampu melakukan penghapusan data densitas	PA, KE	Hapus densitas
KF-15	Sistem mampu melakukan perubahan data densitas	PA, KE	Edit densitas
KF-16	Sistem mampu melakukan penambahan solusi penanganan	PA, KE	Tambah solusi penanganan
KF-17	Sistem mampu melakukan penghapusan solusi penanganan	PA, KE	Hapus solusi penanganan
KF-18	Sistem mampu melakukan perubahan solusi penanganan	PA, KE	Edit solusi penanganan
KF-19	Sistem mampu melakukan penambahan data pengguna	KE	Tambah data pengguna
KF-20	Sistem mampu melakukan penghapusan data pengguna	KE	Hapus data pengguna
KF-21	Sistem mampu melakukan perubahan data pengguna	KE	Edit data pengguna
KF-22	Sistem mampu menampilkan data-data riwayat hasil diagnosa pengguna yang telah melakukan diagnosa	PA, KE	Menampilkan data riwayat hasil diagnosa pengguna
KF-23	Sistem mampu menampilkan informasi tentang penyakit pada tanaman pepaya, seperti gejala-gejala, solusi penanganan, dan lain-lain.	PU, PT, PA, KE	Menampilkan informasi mengenai penyakit pada tanaman papaya
KF-24	Sistem mampu menampilkan halaman bantuan yang dapat membantu pengguna dalam	PU, PT, PA, KE	Menampilkan halaman

	berinteraksi dengan sistem pakar		bantuan
KF_25	Sistem mampu menampilkan halaman tentang kami yang berisi profil sistem pakar yang dibuat	PU, PT, PA, KE	Menampilkan halaman tentang kami

Selain terdapat daftar kebutuhan fungsional yang telah dijelaskan sebelumnya, juga terdapat daftar kebutuhan non fungsional. Daftar kebutuhan nonfungsional bertujuan untuk mengetahui spesifikasi kebutuhan untuk sistem. Daftar kebutuhan non fungsional aplikasi sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3Daftar Kebutuhan non fungsional

Kebutuhan Non Fungsional	Penjelasan
<i>Avaliability</i>	Aplikasi sistem pakar ini dapat beroperasi selama waktu yang telah ditentukan. Aplikasi ini berbasis web sehingga dapat diakses semua pengguna (PU, PT, PA, dan KE) selama 24 jam.
<i>Response Time</i>	Sistem pakar ini diharapkan cepat dalam melakukan proses penyimpanan data, pengubahan data, pencarian data, penghapusan data, dan perhitungan data. Tujuan dari <i>response time</i> ini adalah mempersingkat waktu akses para pengguna agar tidak mempengaruhi konsentrasi.
<i>Security</i>	Aplikasi yang dibangun ini harus aman dari pencurian data. <i>Security</i> pada sistem pakar ini menggunakan fungsi login untuk PT, PA, dan KE. Pengguna-pengguna tersebut diberikan hak akses untuk keamanan data berupa <i>username</i> dan <i>password</i> .

4.1.3 Analisa kebutuhan proses

Proses utama dalam membangun sistem pakar diagnosa hama penyakit pada tanaman pepaya adalah proses penalaran (*reasoning*). Sistem ini akan melakukan *reasoning* berdasarkan gejala-gejala yang muncul pada tanaman pepaya. Sistem telah menyediakan aturan basis pengetahuan untuk penelusuran jenis penyakit tanaman pepaya menggunakan perhitungan *Dempster-Shafer*. Langkah pertama yang dilakukan oleh sistem adalah menentukan *frame of discernment* untuk mengaitkan ukuran kepercayaan elemen-elemen. Setelah itu sistem menentukan probabilitas nilai densitas (m) sehingga dapat dilakukan perhitungan kombinasi m1 dan m2. Kemudian langkah terakhir yang dilakukan sistem adalah mencari nilai densitas terbesar dari perhitungan yang telah dilakukan sistem sebagai hasil dari keputusan sistem.

4.1.4 Analisa kebutuhan keluaran

Keluaran dari sistem pakar yang dibangun ini adalah hasil diagnosa penyakit pada tanaman pepaya dan solusi penanganannya. Hasil diagnosa tersebut diperoleh berdasarkan fakta gejala (*evidence*) yang dimasukkan pengguna yang kemudian diolah menggunakan perhitungan metode *Dempster-Shafer*.

4.2 Perancangan sistem pakar

Pada tahap ini akan dijelaskan bagaimana perancangan sistem pakar yang akan dibangun. Perancangan sistem pakar terdiri dari beberapa proses, diantaranya yaitu akuisisi pengetahuan, basis pengetahuan, mesin inferensi, blackboard, fasilitas penjelas, dan antarmuka. Sistem pakar yang akan dibangun digunakan untuk mendiagnosa penyakit pada tanaman pepaya dan memberikan solusi penanganan yang tepat sesuai hasil diagnosa sistem. Pengambilan kesimpulan dalam sistem pakar ini menggunakan metode *Dempster-Shafer*, sedangkan penelusuran jawaban mencari nilai densitas terbesar dari hasil perhitungan metode *Dempster-Shafer* menggunakan metode *Forward Chaining*. Metode *Forward Chaining* merupakan metode pengambilan keputusan yang melakukan panalaran dari suatu masalah hingga ditemukan solusi.

Dalam dunia pertanian, untuk mendiagnosis suatu penyakit dapat dilakukan dengan melihat gejala-gejala yang timbul kemudian menyimpulkan berdasarkan pengetahuan yang telah ada. Proses ini akan diimplementasikan ke dalam sistem pakar yang akan dibangun. Konsep sistem pakar yang akan dibangun menerapkan metode *Dempster-Shafer* untuk proses penarikan kesimpulan atau keputusan berdasarkan data densitas gejala-gejala yang sudah tersimpan dalam database sistem pakar. Penentuan nilai densitas setiap gejala adalah semakin spesifik gejala yang ada pada suatu penyakit, maka semakin tinggi nilai densitasnya.

Perancangan sistem pakar dalam penelitian ini digambarkan dalam arsitektur sistem pakar yang telah ditunjukkan pada gambar 3.2 bab Metodologi Penelitian. Masukan yang dibutuhkan sistem adalah fakta gejala (*evidence*), kemudian gejala tersebut diproses menggunakan metode *Dempster-Shafer*. Hasil dari perhitungan metode tersebut adalah nilai densitas tertinggi sebagai hasil diagnosis sistem pakar. Selain hasil diagnosis, sistem pakar yang akan dibangun juga menghasilkan solusi penanganan yang relevan dengan hasil diagnosis sistem.

4.2.1 Akuisisi pengetahuan

Akuisisi pengetahuan adalah transformasi suatu keahlian dalam menyelesaikan permasalahan dari sumber pengetahuan atau pakar ke dalam komputer dan meletakkannya ke dalam basis pengetahuan dengan format tertentu. Pada tahapan ini seorang *Knowledge Engineer* berusaha memahami suatu pengetahuan untuk selanjutnya dipindahkan ke dalam basis pengetahuan. Pengetahuan *Knowledge Engineer* tidak hanya berasal dari pakar, namun juga dapat berasal dari buku, internet, dan literatur lainnya. Metode yang digunakan dalam akuisisi pengetahuan, antara lain:

1. Wawancara

Wawancara merupakan salah satu metode akuisisi pengetahuan yang banyak digunakan oleh *Knowledge Engineer*. Metode ini melibatkan narasumber atau pakar secara langsung dalam suatu wawancara. Tujuan dari wawancara ini adalah memperoleh pengetahuan pakar untuk domain masalah tertentu. Pada wawancara *Knowledge Engineer* mengumpulkan informasi mengenai penyakit pada tanaman pepaya, seperti jenis penyakit pada tanaman pepaya langkah-langkah pakar dalam mendiagnosa penyakit pada tanaman pepaya, dan solusi penanganannya.

Informasi tentang jenis-jenis penyakit pada tanaman pepaya diperoleh dari buku-buku referensi penyakit pada tanaman pepaya. Data-data kasus penyakit pada tanaman pepaya diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat Karangploso. Sedangkan pengetahuan tentang gejala-gejala yang muncul pada penyakit tanaman pepaya diperoleh dari wawancara dengan Prof. Dr. Ir. Moh. Cholil Mahfud, M.S.

2. Analisa Protokol (Aturan)

Pada analisa protokol, pakar diminta untuk melakukan suatu pekerjaan dan mengungkapkan proses pemikirannya dengan menggunakan kata-kata. Hasil dari proses ini dijadikan sebagai acuan pembuatan basis pengetahuan untuk melakukan diagnosis penyakit pada tanaman pepaya. Pada proses ini, pakar penyakit tanaman pepaya yaitu Prof. Dr. Ir. Moh. Cholil Mahfud, M.S. memberikan nilai densitas (kepercayaan) pada gejala-gejala penyakit tanaman pepaya berdasarkan pengetahuan pakar yang dimiliki. Nilai densitas yang diperoleh dari pakar digunakan untuk perhitungan dengan metode *Dempster-Shafer* dan pengambilan kesimpulan diagnosa pada sistem pakar yang akan dibuat. Pada tabel 4.4 ditunjukkan hasil akuisisi pengetahuan yang diperoleh dari wawancara dan analisa protokol.

Tabel 4.4 Akuisisi pengetahuan

No	Hama dan Penyakit	Gejala
1	<p>Hama Kutu sisik</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Permukaan batang, buah dan daun penuh dengan kutu sisik 2. Daun, batang dan buah yang terserang menjadi busuk 3. Serangan pada batang tanaman muda mengakibatkan mati pucuk
2	<p>Hama Tungau</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada daun terdapat keperak-perakan 2. Daun mengering dan berubah warna menjadi kuning kecoklatan 3. Pada buah terdapat bercak-

		bercak keriput
3	<p>Hama Kutu Aphids</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Daun menggulung 2. Terdapat banyak embun gula yang disukai semut 3. Daun mengalami nekrosis serta warnanya menjadi tidak normal 4. Tanaman menjadi kerdil dan layu
4	<p>Hama Lalat Buah</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada buah yang hampir masak terdapat bintik-bintik hitam bekas tusukan ovipositor lalat buah betina 2. Buah berwarna coklat, tidak menarik, dan terasa pahit bila dimakan 3. Buah mengeluarkan aroma alcohol 4. Buah jatuh ke tanah
5	<p>Penyakit Busuk Akar dan Pangkal Batang</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Daun bawah layu, menguning dan menggantung di sekitar batang sebelum rontok 2. Akar lateral membusuk, berbau tidak enak. 3. Tanaman berdaun sedikit 4. Dekat tangkai buah terdapat miselium berwarna putih seperti beludru 5. Tanaman Mati
6	<p>Penyakit Layu Bakteri</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Batang busuk, daun gugur dan tanaman mati 2. Pada tangkai daun dan batang

		<p>yang masih hijau terdapat bercak kebasah-basahan</p> <p>3. Terdapat bercak-bercak kering yang bentuknya tidak teratur, sepanjang tulang-tulang daun</p>
<p>7</p>	<p>Penyakit Ringspot Virus</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tulang-tulang daun muda berwarna kuning transparan 2. Terdapat garis-garis hijau gelap dan bercak seperti cincin pada tangkai daun dan batang 3. Pada daun terdapat bercak kuning, daun seperti terpelintir 4. Pada buah bercak seperti cincin
<p>8</p>	<p>Penyakit Busuk Buah (Antraknose)</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada buah menjelang matang terdapat bercak-bercak bulat besar kebasah-basahan berwarna coklat kemerahan, mengendap, di tengahnya terdapat spora berwarna jingga 2. Pada buah muda terdapat bercak kecil kebasah-basahan.

4.2.2 Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan berisi tentang pengetahuan yang diperlukan untuk memecahkan suatu permasalahan. Basis pengetahuan mempunyai dua elemen dasar yaitu fakta dan aturan khusus yang mengarahkan pengguna pengetahuan untuk memecahkan permasalahan dalam domain tertentu. Basis pengetahuan merupakan inti dari pembuatan aplikasi sistem pakar dimana basis pengetahuan ini merupakan representasi pengetahuan dari pakar. Pada Tabel 4.4 adalah akuisisi pengetahuan pakar yang menjadi acuan untuk basis pengetahuan pada penelitian ini dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.5 nilai densitas gejala tiap penyakit tanaman pepaya.

Tabel 4.5 Nilai densitas gejala penyakit

No	Gejala	Nilai Densitas Tiap Gejala							
		H1	H2	H3	H4	P1	P2	P3	P4
1	Permukaan batang, buah dan daun penuh dengan kutu sisik	0.9	0	0	0	0	0	0	0
2	Daun, batang dan buah yang terserang menjadi busuk	0.75	0	0	0	0.1	0	0	0
3	Serangan pada batang tanaman muda mengakibatkan mati pucuk	0.25	0	0	0	0	0	0	0
4	Pada daun terdapat keperak-perakan	0	0.9	0	0	0	0	0	0
5	Daun mengering dan berubah warna menjadi kuning kecoklatan	0	0.5	0	0	0	0	0	0
6	Pada buah terdapat bercak-bercak keriput	0	0.5	0	0	0	0	0	0
7	Daun menggulung	0	0	0.9	0	0	0	0	0
8	Terdapat banyak embun gula yang disukai semut	0	0	0.75	0	0	0	0	0
9	Daun mengalami nekrotis serta warnanya menjadi tidak normal	0.25	0.1	0.5	0	0	0	0.25	0
10	Tanaman menjadi kerdil dan layu	0	0.5	0.25	0	0	0	0.75	0
11	Pada buah yang hampir masak terdapat bintik-bintik hitam bekas tusukan ovipositor lalat buah betina	0	0	0	0.75	0	0	0	0

12	Buah berwarna coklat, tidak menarik, dan terasa pahit bila dimakan	0	0	0	0.5	0	0	0	0
13	Buah mengeluarkan aroma alkohol	0	0	0	0,5	0	0	0	0
14	Buah jatuh ke tanah	0.25	0	0	0,5	0	0	0	0.75
15	Daun bawah layu, menguning dan menggantung di sekitar batang sebelum rontok	0	0	0	0	0.9	0	0	0
16	Akar lateral membusuk, berbau tidak enak.	0	0	0	0	0.75	0	0	0
17	Tanaman berdaun sedikit	0	0.1	0	0	0.5	0	0.5	0
18	Dekat tangkai buah terdapat miselium berwarna putih seperti beludru	0	0	0	0	0.5	0	0	0
19	Tanaman Mati	0.75	0	0	0	0.1	0.5	0	0
20	Batang busuk, daun gugur dan tanaman mati	0.1	0	0	0	0.5	0.75	0	0
21	Pada tangkai daun dan batang yang masih hijau terdapat bercak kebasah-basahan	0	0	0	0	0	0.5	0	0
22	Terdapat bercak-bercak kering yang bentuknya tidak teratur, sepanjang tulang-tulang daun	0	0	0	0	0	0.25	0	0
23	Tulang-tulang daun muda berwarna kuning transparan	0	0	0	0	0	0	0.9	0
24	Terdapat garis-garis hijau gelap dan bercak seperti cincin	0	0	0	0	0	0	0.75	0

	pada tangkai daun dan batang								
25	Pada daun terdapat bercak kuning, daun seperti terpelintir	0	0	0	0	0	0	0,5	0
26	Pada buah bercak seperti cincin	0	0	0	0	0	0	0.25	
27	Pada buah menjelang matang terdapat bercak-bercak bulat besar kebasah-basahan berwarna coklat kemerahan, mengendap, di tengahnya terdapat spora berwarna jingga	0	0	0	0	0	0	0	0.9
28	Pada buah muda terdapat bercak kecil kebasah-basahan.	0	0	0	0	0	0	0	0.5

Keterangan:

H1 : Kutu sisik

H2 : Tungau

H3 : Kutu Aphids

H4 : Lalat Buah

P1 : Busuk akar dan pangkal batang

P2 : Layu Bakteri

P3 : Ringspot Virus

P4 : Busuk Buah

Gejala-gejala yang dialami setiap penyakit pada tabel 4.5 tersebut terbagi menjadi tiga jenis yaitu gejala yang sifatnya spesifik, gejala yang sifatnya non spesifik dan gejala yang sifatnya fisiologis. Gejala spesifik adalah jika gejala tersebut muncul pada tanaman maka sudah dapat dipastikan tanaman terserang penyakit tertentu. Gejala non spesifik adalah gejala yang terdapat pada banyak penyakit sehingga memerlukan perhitungan *Dempster-Shafer* untuk melakukan identifikasi. Gejala fisiologis adalah jika gejala yang muncul dari tanaman itu sendiri tetapi belum tentu terserang penyakit. Berdasarkan 28 gejala pada tabel

4.5 terdapat 24 gejala spesifik, 4 gejala non spesifik dan 5 gejala fisiologis. Berikut merupakan tabel aturan gejala-gejala spesifik dan gejala-gejala fisiologis yang diperoleh dari pakar berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan pakar. Aturan sistem pakar gejala spesifik dan gejala fisiologis terdapat pada tabel 4.6 dan 4.7.

Tabel 4.6 Aturan sistem pakar gejala spesifik

No.	Aturan
R-1	IF G01 OR G03 THEN H1
R-2	IF G04 OR G05 OR G06 THEN H2
R-3	IF G07 OR G08 THEN H3
R-4	IF G11 OR G12 OR G13 THEN H4
R-5	IF G15 OR G16 OR G18 THEN P1
R-6	IF G21 OR G22 THEN P2
R-7	IF G23 OR G24 OR G25 OR G26 THEN P3
R-8	IF G27 OR G28 THEN P4

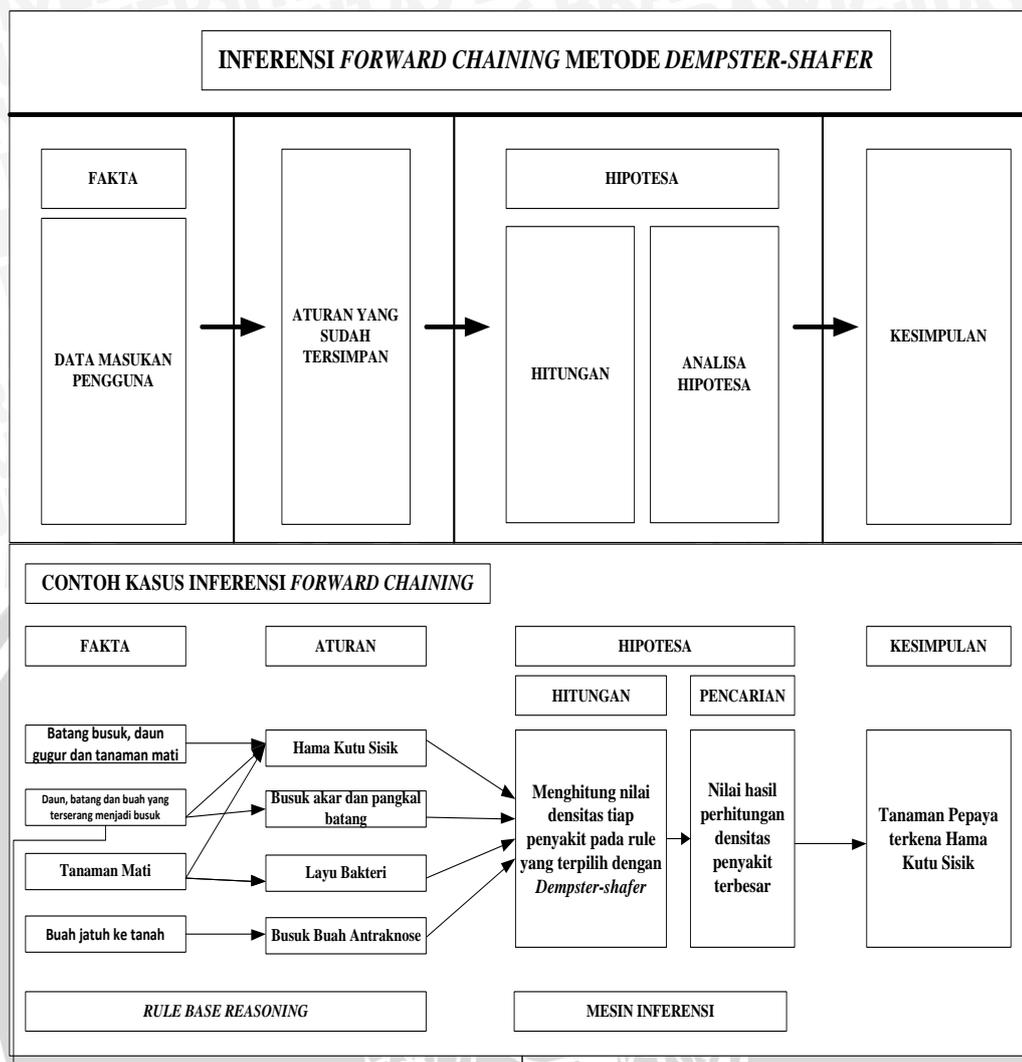
Tabel 4.7 Aturan sistem pakar gejala fisiologis

No.	Aturan
R-9	IF G05 OR G10 OR G15 OR G19 OR G20 THEN "Ada kemungkinan kekeringan musim kemarau"

4.2.3 Mesin inferensi

Metode penalaran yang digunakan dalam sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya adalah *Forward Chaining*. *Forward Chaining* adalah metode penalaran yang dimulai dari sekumpulan fakta-fakta tentang suatu gejala yang dimasukkan pengguna ke dalam sistem pakar. Masukan tersebut kemudian dilakukan proses pelacakan dari masukan gejala dengan gejala yang tersimpan pada database yang kemudian diambil nilai densitas tertinggi tiap penyakit yang sesuai.

Setelah diperoleh nilai densitas maka dapat dilakukan hipotesa yang terdiri dari dua bagian yaitu proses perhitungan dengan metode *Dempster-Shafer* dan analisa hipotesa hasil dari perhitungan akhir yang kemudian digunakan sebagai kesimpulan. Kesimpulan dalam sistem pakar ini adalah berupa diagnosa penyakit tanaman pepaya dan nilai densitasnya. Hipotesa blok diagram alur proses inferensi *Forward Chaining* dapat dilihat pada gambar 4.2.



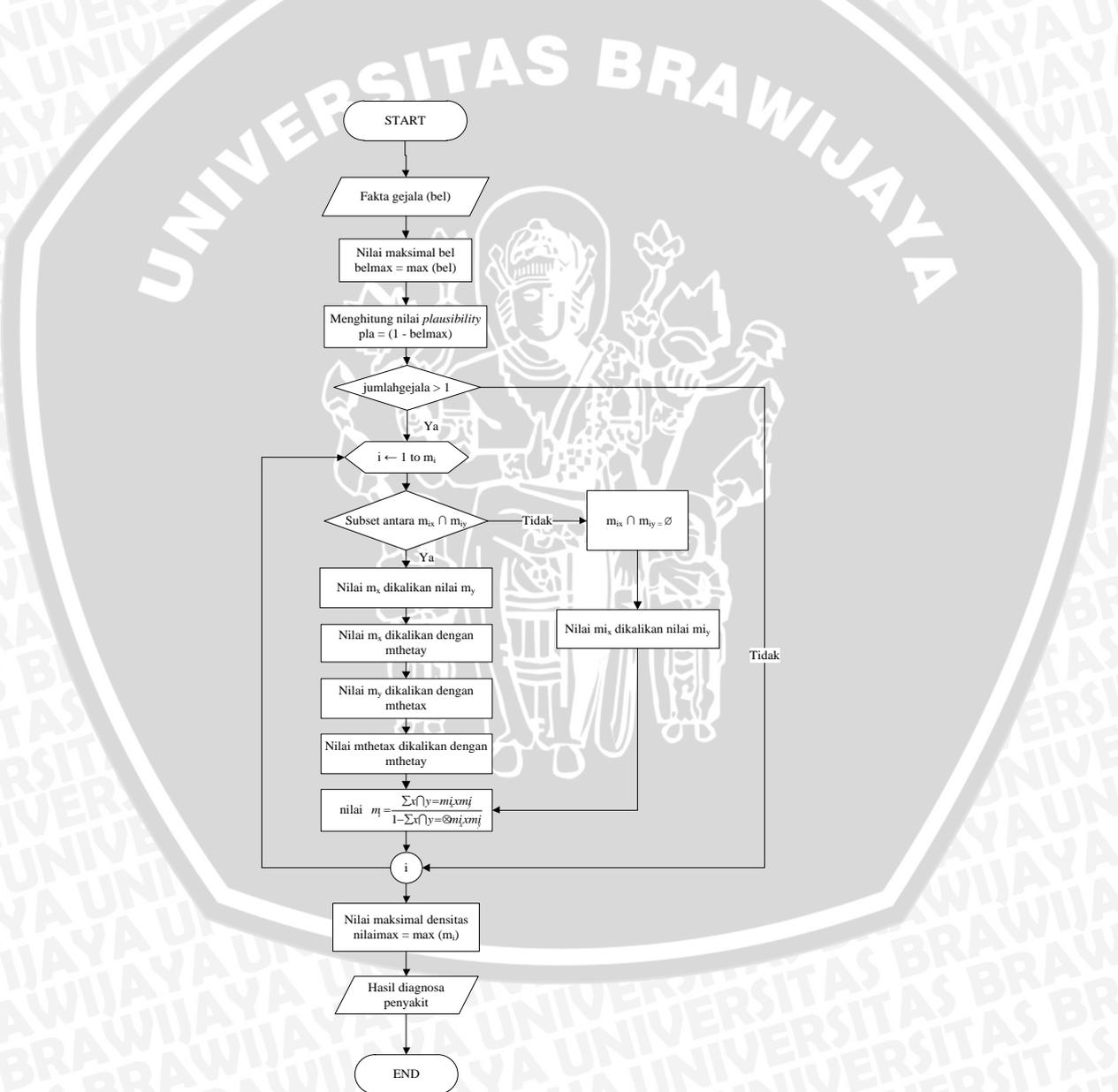
Gambar 4.2 Mesin inferensi *forward chaining* dengan metode *dempster-shafer*

Perhitungan dalam Dempster-Shafer dimulai dengan memasukkan nilai densitas tiap gejala penyakit ke dalam basisdata sebagai dasar perhitungan. Kemudian pengguna memasukkan fakta-fakta gejala yang ada pada tanaman pepaya yang terkena penyakit ke dalam aplikasi sistem pakar yang dibuat. Di dalam sistem pakar akan berjalan proses pencocokan gejala yang dimasukkan pengguna dengan gejala yang terdapat pada basisdata sehingga diperoleh kemungkinan nama penyakit dan nilai densitasnya untuk kemudian dihitung nilai *belief* dan *plausibility*. Jika nilai sudah diperoleh dan hanya terdapat satu gejala saja, maka dari hasil kemungkinan nama penyakit yang sesuai ditentukan berdasarkan nilai *belief* tertinggi.

Jika gejala yang dimasukkan lebih dari satu gejala, maka hasil dari nama penyakit dan nilai *belief*, *plausibility* gejala pertama akan sementara disimpan pada *blackboard*. Untuk gejala kedua dilakukan tahapan yang sama dengan gejala pertama dan hasilnya juga disimpan sementara. Setelah diperoleh nilai dua gejala maka dapat dilakukan perhitungan untuk mencari nilai densitas gabungan atau nilai densitas ketiga yang berasal dari gejala 1 dan gejala 2 serta kemungkinan nama penyakit yang dimasukkan dalam persamaan 2-3 teori

Dempster-Shafer. Dari hasil nilai densitas ketiga akan diperoleh kemungkinan nama penyakit dengan nilai densitas baru yang kemudian disimpan dalam *blackboard*.

Setelah diperoleh nilai densitas ketiga dan masih terdapat gejala lain yang dimasukkan pengguna maka dilakukan perhitungan nilai densitas gabungan baru antara nilai densitas ketiga dengan nilai dari gejala ketiga seperti pada tahapan sebelumnya. Proses perhitungan tersebut akan terus berulang sebanyak gejala yang dimasukkan pengguna. Jika semua gejala sudah selesai dihitung, maka pengambilan kesimpulan diperoleh dari hasil nilai densitas gabungan yang paling terakhir dihitung. Diagram alir proses perhitungan dengan metode *Dempster-Shafer* dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Diagram alir algoritma perhitungan *dempster-shafer*

Berdasarkan gambar 4.3, dapat diperoleh rancangan algoritma perhitungan Dempster-Shafer pada source code 4.1.

Nama Algoritma : Perhitungan Dempster Shafer Diagnosa Hama Penyakit Tanaman Pepaya

Deklarasi :

integer -> jumlahgejala
 array -> mx, my, mix, miy, mthetax, mthetay, mi
 double -> pla, bel, nilaimax, hasildempster, hasil

Deskripsi :

- **Input :** bel, pla
- **Proses :**
 1. read (bel)
 2. belmax = max(bel)
 3. pla = 1 – belmax
 4. if jumlahgejala > 1 then
 5. read (belmax, pla)
 6. belmax = mx, my
 7. pla = mthetax, mthetay
 8. if mix intersection miy then
 9. hasil_mxy = mx * my
 10. hasil_mthetaxy = mthetax * mthetay
 11. hasil_mthetax_my = mthetax * my
 12. hasil_mthetay_mx = mthetay * mx
 13. else mix intersection miy = \emptyset
 14. hasil_mxy \emptyset = mix * miy
 15. end if
 16. hasildempster = Σ (mix intersection miy)/ 1 – (mix intersection miy)
 17. else
 18. nilaimax = max (mi)
 19. write (nilaimax)
 20. write (nilaimax)

Source code 4.1 Rancangan algoritma proses perhitungan dempster-shafer

- Baris 1 : masukan sistem sebagai dasar perhitungan berupa bel : *belief* yaitu nilai densitas dari fakta-fakta gejala (*evidence*)
- Baris 2 : melakukan pencarian nilai maksimal bel yang dimasukan
- Baris 3 : melakukan perhitungan pla : *Plausibility* dengan cara mengurangi 1 dengan nilai *belief* yang paling tinggi
- Baris 4 : kondisi jika jumlah gejala lebih dari satu
- Baris 5 : bel : *belief* dan pla: *plausibility* sebagai masukan untuk mencari subset m_{ix} dan m_{iy} .
- Baris 6 – 7 : deklarasi bel dan pla.

- Baris 8 – 15 : kondisi jika mix dan miy subsetnya saling beririsan serta jika mix dan miy terdapat subset yang tidak saling beririsan.
- Baris 16 - 17 : perhitungan *Dempster-Shafer* dengan kondisi keduanya, jika semua subset beririsan maka 1 dikurangi dengan 0, namun jika terdapat subset yang tidak saling beririsan maka 1 dikurangi dengan jumlah perkalian seluruh subset yang tidak beririsan.
- Baris 18 - 19 : mencari nilai densitas akhir yang paling besar sebagai hasil keputusan sistem.
- Baris 20 : nilai hasil dari perhitungan *Dempster-Shafer*.

a. Kasus 1 (Perhitungan 1 Gejala)

Pada kasus 1 ini akan diberikan contoh perhitungan dengan memasukkan 1 gejala dari pengguna. Dalam kasus ini pengguna memasukkan tanaman yang mengalami gejala Batang busuk, daun gugur dan tanaman mati.

- Gejala 1: Batang busuk, daun gugur dan tanaman mati.
Dengan gejala ini seorang pakar akan mendiagnosa bahwa tanaman tersebut tersebut terkena Hama Kutu Sisik (H1), Penyakit Busuk akar dan pangkal batang (P1), dan Layu bakteri (P2). Maka *frame of discernment* yang terbentuk, yaitu:

$\{H1, P1, P2\}$

Masing-masing anggota dari *frame of discernment* mempunyai nilai densitas yang mengacu pada Tabel 4.5, yaitu:

$$m\{H1\} = 0,1; m\{P1\} = 0,5; m\{P2\} = 0,75;$$

Nilai densitas tersebut dipilih nilai densitas tertinggi untuk mendapatkan nilai m_1 , maka diperoleh:

$$m_1\{H1, P1, P2\} = 0,75$$

Setelah nilai densitas tertinggi diperoleh, maka dapat dihitung *Plausibility* dengan mengacu pada persamaan 2-2:

$$m_1\{\emptyset\} = 1 - 0,75 = 0,25$$

Kemudian diurutkan penyakit dari nilai densitas tertinggi:

$$m\{P2\} = 0,75$$

$$m\{P1\} = 0,5$$

$$m\{H1\} = 0,1$$

Berdasarkan masukan pengguna yang hanya satu gejala dan diagnosis penyakit tanaman pepaya lebih dari satu penyakit, maka hasil diagnosis penyakit dalam sistem pakar ini dapat diurutkan dari nilai densitas tertinggi. Sehingga hasil diagnosisnya dapat disimpulkan bahwa tanaman terserang penyakit layu bakteri (P2), penyakit busuk akar dan pangkal batang (P1), dan hama kutu sisik (H1).

b. Kasus 2 (Perhitungan 2 Gejala)

Pada kasus 2 ini akan diberikan contoh perhitungan dengan memasukkan 2 gejala dari pengguna. Dalam kasus ini pengguna memasukkan tanaman yang memiliki gejala Daun mengalami nekrotis serta warnanya menjadi tidak normal dan Daun, batang dan buah yang terserang menjadi busuk.

- Gejala 1: Daun mengalami nekrotis serta warnanya menjadi tidak normal Dengan gejala ini seorang pakar akan mendiagnosa bahwa tanaman tersebut tersebut terkena hama kutu sisik (H1), hama tungau (H2), kutu Aphids (H3), dan penyakit ringspot virus (P3). Maka *frame of discernment* yang terbentuk, yaitu:

$$\{H1, H2, H3, P3\}$$

Masing-masing anggota dari *frame of discernment* mempunyai nilai densitas yang mengacu pada Tabel 4.5, yaitu:

$$m\{H1\} = 0,25; m\{H2\} = 0,1; m\{H3\} = 0,5; m\{P3\} = 0,25;$$

Nilai densitas tersebut dipilih nilai densitas tertinggi untuk mendapatkan nilai m_1 , maka diperoleh:

$$m_1\{H1, H2, H3, P3\} = 0,5$$

Setelah nilai densitas tertinggi diperoleh, maka dapat dihitung *Plausibility* dengan mengacu pada persamaan 2-2:

$$m_1\{\theta\} = 1 - 0,5 = 0,5$$

- Gejala 2: Daun, batang dan buah yang terserang menjadi busuk Dengan gejala ini seorang pakar akan mendiagnosa bahwa tanaman tersebut terkena hama kutu sisik (H1) dan penyakit busuk akar dan pangkal batang (P1). Maka *frame of discernment* yang terbentuk, yaitu:

$$\{H1, P1\}$$

Masing-masing anggota dari *frame of discernment* mempunyai nilai densitas yang mengacu pada Tabel 4.5, yaitu:

$$m\{H1\} = 0,75 \text{ dan } m\{P1\} = 0,1$$

Nilai densitas tersebut dipilih nilai densitas tertinggi untuk mendapatkan nilai m_2 , maka diperoleh:

$$m_2\{H1, P1\} = 0,75$$

Setelah nilai densitas tertinggi diperoleh, maka dapat dihitung *Plausibility* dengan mengacu pada persamaan 2-2:

$$m_2\{\theta\} = 1 - 0,75 = 0,25$$

Setelah *Plausibility* diketahui maka dihitung nilai densitas baru (m_3) yang berasal dari kombinasi m_1 dan m_2 . Pada tabel 4.8 dilakukan proses kombinasi densitas m_3 .

Tabel 4.8 Aturan kombinasi untuk m_3 kasus 2

		m2			
		{H1, P1}	0,75	\emptyset	0,25
m1	{H1, H2, H3, P3}	0,5	\emptyset 0,375	{H1, H2, H3, P3}	0,125
	\emptyset	0,5	{H1, P1} 0,375	\emptyset	0,125

- $\{H1, H2, H3, P3\} \cap \{H1, P1\} = \{H1\}$
 $0,5 \times 0,75 = 0,375$
 $\{H1\} = 0,375$
- $\{\emptyset\} \cap \{H1, P1\} = \{H1, P1\}$
 $0,5 \times 0,75 = 0,375$
 $\{H1, P1\} = 0,375$
- $\{H1, H2, H3, P3\} \cap \{\emptyset\} = \{H1, H2, H3, P3\}$
 $0,5 \times 0,25 = 0,125$
 $\{H1, H2, H3, P3\} = 0,125$
- $\{\emptyset\} \cap \{\emptyset\} = \{\emptyset\}$
 $0,5 \times 0,25 = 0,125$
 $\{\emptyset\} = 0,125$

$$m3\{H1\} = \frac{0,375}{1 - 0} = 0,375$$

$$m3\{H1, P1\} = \frac{0,375}{1 - 0} = 0,375$$

$$m3\{H1, H2, H3, P3\} = \frac{0,125}{1 - 0} = 0,125$$

$$m3\{\emptyset\} = \frac{0,125}{1 - 0} = 0,125$$

Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode *Dempster-Shafer*, nilai densitas paling tinggi adalah pada H1 atau Hama Kutu Sisik dan P1 atau penyakit Busuk akar dan Pangkal batang dengan nilai densitas 0,375. Maka dapat disimpulkan bahwa tanaman pepaya terserang Hama Kutu Sisik atau Penyakit Busuk akar pangkal batang .

4.2.4 **Blackboard (Daerah kerja)**

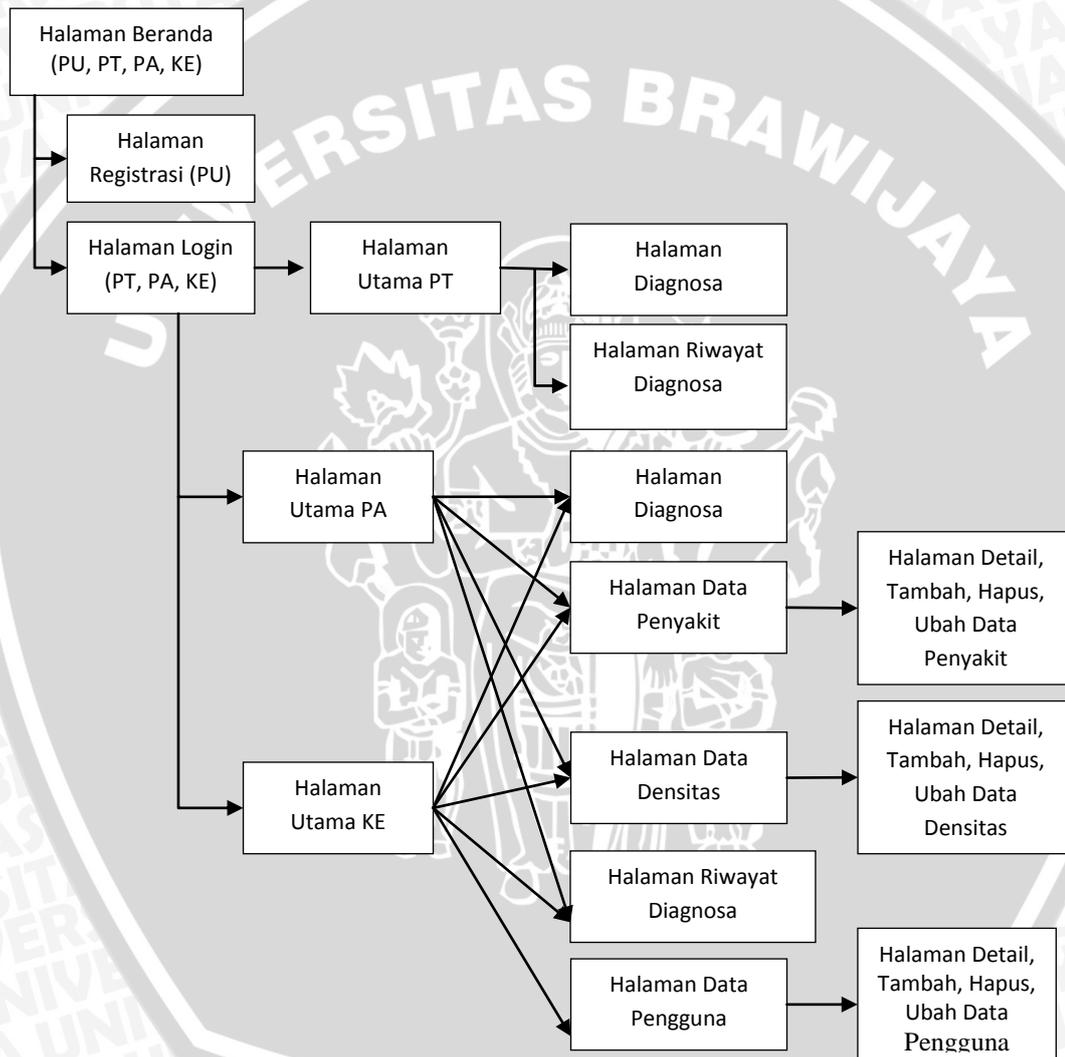
Blackboard merupakan daerah memori yang berfungsi sebagai *database* sementara. *Blackboard* berisi rencana solusi berupa data yang digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam memberikan kesimpulan akhir. Pada sistem pakar ini data yang disimpan pada daerah ini adalah data gejala masukan dari pengguna, nilai perhitungan *belief* dan *plausibility* tiap gejala, hasil perhitungan densitas baru, hasil densitas akhir, dan hasil diagnosa penyakit.

4.2.5 **Fasilitas penjelas**

Fasilitas penjelas berisi bantuan penggunaan aplikasi yang dibangun dan bagaimana kesimpulan dapat diambil. Pada sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya ini menerapkan fasilitas penjelas, yaitu dengan menjelaskan proses diagnosa mulai dari masukan fakta gejala oleh pengguna, kemudian proses perhitungan sehingga diperoleh kesimpulan diagnosa penyakit beserta nilai densitasnya dan informasi hasil perhitungan dari proses diagnosa. Fasilitas penjelas ini sangat penting untuk memberikan informasi kepada para pengguna mengenai bagaimana kesimpulan diagnosa penyakit tanaman pepaya tersebut dihasilkan.

4.2.6 Antarmuka

Antarmuka adalah suatu perantara yang digunakan oleh pengguna dan sistem pakar untuk berkomunikasi seperti melihat informasi yang ada di dalam sistem, melakukan konsultasi, dan lain sebagainya. Pada bagian ini terjadi interaksi antara program dan pengguna. Program menampilkan gejala-gejala yang nantinya dipilih oleh pengguna, kemudian sistem melakukan diagnosis sesuai gejala yang telah dipilih. Perancangan antarmuka dari sistem pakar yang dibangun dijelaskan melalui sitemap dan desain antarmuka tiap halaman. Gambar 4.4 merupakan sitemap dari sistem pakar yang akan dibangun.



Gambar 4.4 Sitemap halaman pengguna

Setelah *sitemap* didefinisikan, maka dapat dibuat perancangan antarmuka sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya. Pada Gambar 4.5 adalah rancangan antarmuka awal dari sistem yang terdiri dari menu artikel, registrasi, *username* dan *password*. Pengguna dalam sistem ini dibagi menjadi empat, yaitu pengguna umum (PU), pengguna terdaftar (PT), pakar (PA), dan *knowledge*

engineer (KE). Pengguna umum tidak perlu melakukan registrasi dan login serta hanya dapat melihat informasi-informasi umum tetapi tidak dapat melakukan diagnosa penyakit. Pengguna harus melakukan login dengan registrasi pengguna jika belum mempunyai *username* dan *password*, kemudian jika sudah terdaftar dalam sistem pengguna dapat melakukan diagnosa penyakit.



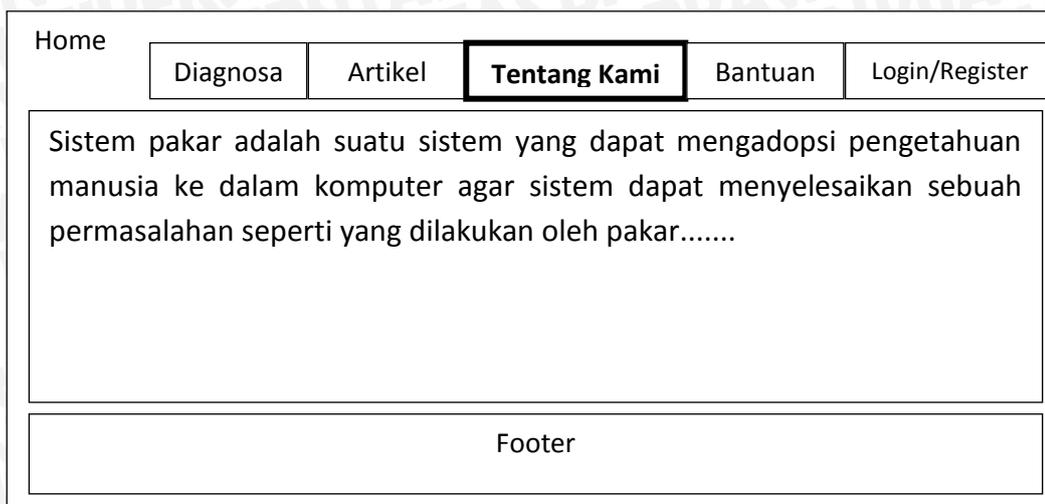
Gambar 4.5 Halaman utama

Pada gambar 4.6 merupakan rancangan antarmuka untuk artikel mengenai tinjauan umum tanaman pepaya dan penyakit yang menyerang pepaya. Selain jenis-jenis penyakit pepaya pada bagian ini juga dijelaskan tentang solusi penanganan yang tepat untuk mengobati penyakit pepaya. Halaman ini dapat diakses pengguna umum, pengguna terdaftar, pakar, maupun *knowledge engineer*.



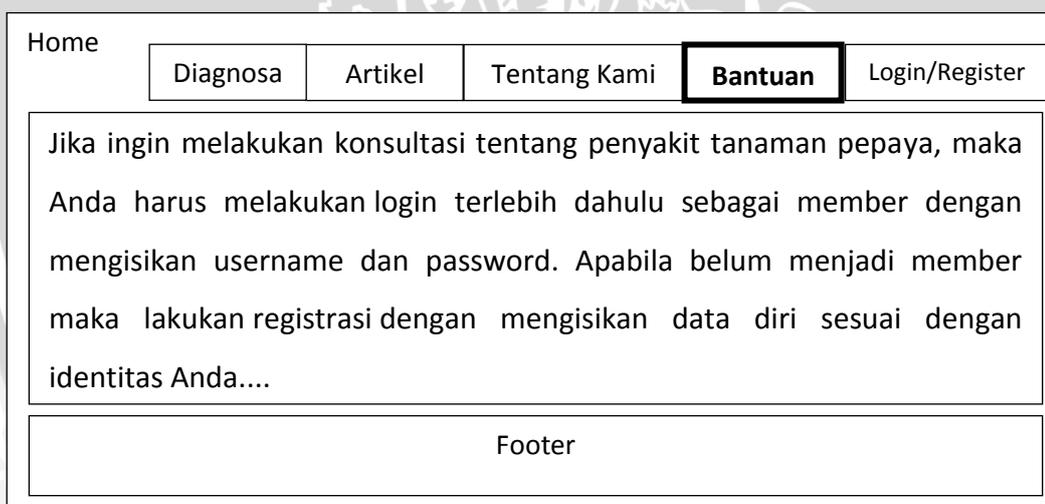
Gambar 4.6 Halaman artikel

Pada gambar 4.7 merupakan rancangan antarmuka untuk Tentang Kami, Tentang Kami merupakan pengenalan sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya. Pengenalan meliputi tujuan dibuatnya sistem pakar ini.



Gambar 4.7 Halaman tentang kami

Pada gambar 4.8 merupakan rancangan antarmuka untuk halaman Bantuan. Pada halaman ini akan ditampilkan syarat dan langkah-langkah penggunaan sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya.



Gambar 4.8 Halaman bantuan

Pada gambar 4.9 merupakan rancangan antarmuka untuk halaman login pengguna. Pada halaman ini pengguna terdaftar, pakar, dan knowledge engineer dapat melakukan *login* untuk dapat menggunakan sistem pakar diagnosa hama penyakit pepaya sesuai dengan hak akses yang dimiliki.

Home	Diagnosa	Artikel	Tentang kami	Bantuan	Login/Register
------	----------	---------	--------------	---------	-----------------------

Masuk	Daftar
Username <input type="text"/>	Nama <input type="text"/>
Password <input type="text"/>	Username <input type="text"/>
	Email <input type="text"/>
	Password <input type="text"/>

Footer

Gambar 4.9 Halaman login

Pada gambar 4.10 merupakan rancangan antarmuka untuk halaman register pengguna. Pada halaman ini pengguna yang belum terdaftar dapat melakukan registrasi untuk dapat melakukan diagnosa menggunakan sistem pakar diagnosa hama penyakit pepaya.

Home	Diagnosa	Artikel	Tentang kami	Bantuan	Login/Register
------	----------	---------	--------------	---------	-----------------------

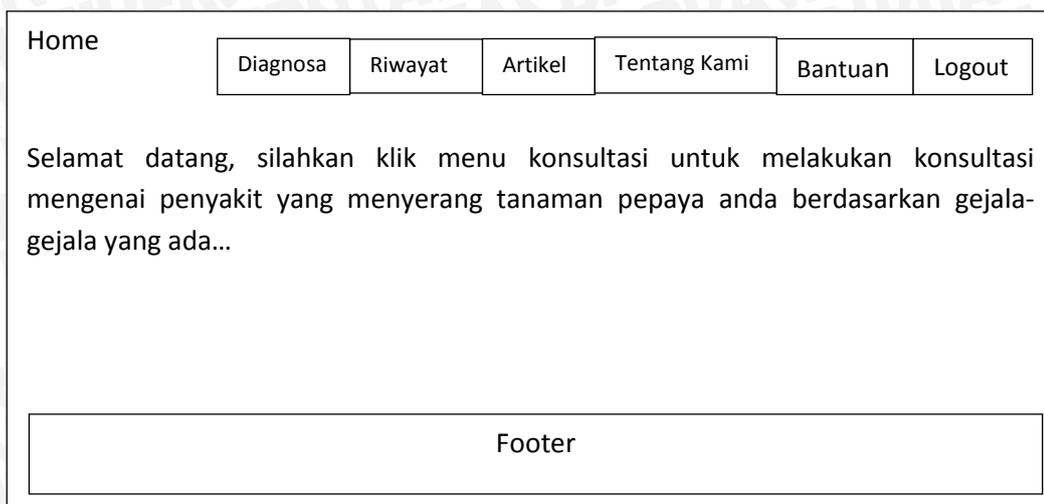
Masuk	Daftar
Username <input type="text"/>	Nama <input type="text"/>
Password <input type="text"/>	Username <input type="text"/>
	Email <input type="text"/>
	Password <input type="text"/>

Footer

Gambar 4.10 Halaman register

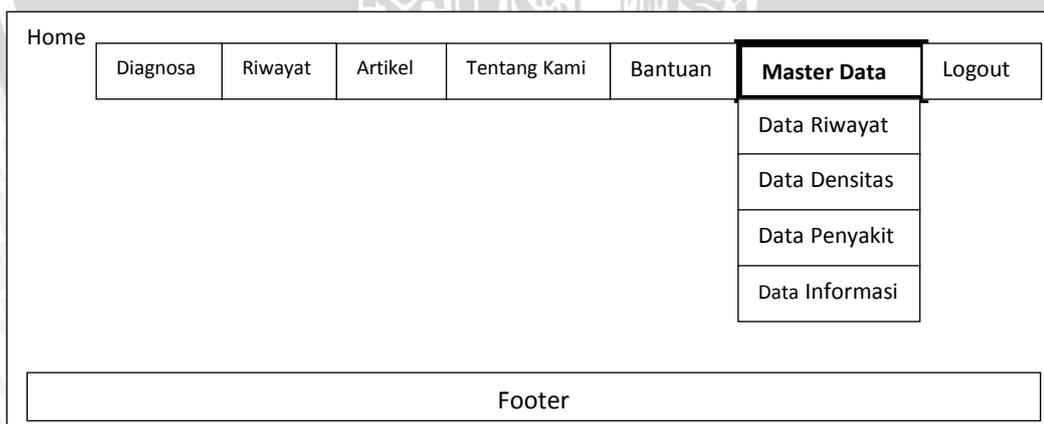
Gambar 4.11 merupakan rancangan antarmuka untuk halaman utama pengguna terdaftar. Pada halaman ini terdapat menu home berfungsi untuk kembali ke halaman awal. Menu diagnosa berfungsi untuk masuk ke halaman diagnosa hama penyakit. Menu riwayat berfungsi untuk masuk ke halaman riwayat diagnosa. Menu artikel berfungsi untuk masuk ke halaman informasi tentang hama penyakit tanaman pepaya. Menu tentang kami berfungsi untuk menampilkan informasi sistem. Menu bantuan berfungsi menampilkan halaman bantuan. Sedangkan menu logout berfungsi untuk keluar dari halaman pengguna.





Gambar 4.11 Halaman utama pengguna terdaftar

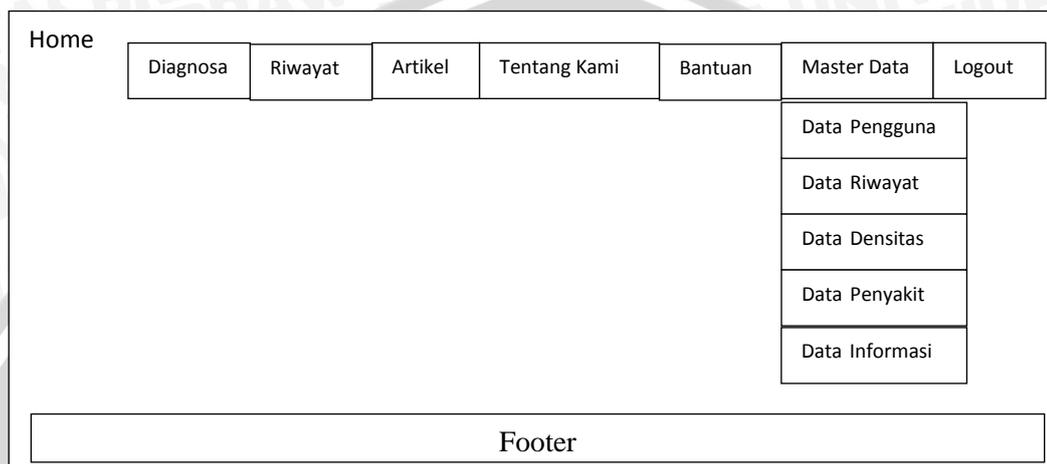
Gambar 4.12 merupakan rancangan antarmuka untuk halaman utama pakar. Pada halaman ini terdapat menu Home, Diagnosa, Riwayat, Artikel, Tentang Kami, Bantuan, Master Data, dan Logout. Menu home berfungsi untuk kembali ke halaman awal. Menu diagnosa berfungsi untuk masuk ke halaman diagnosa hama penyakit. Menu riwayat berfungsi untuk masuk ke halaman riwayat diagnosa. Menu artikel berfungsi untuk masuk ke halaman informasi tentang hama penyakit tanaman pepaya. Menu tentang kami berfungsi untuk menampilkan informasi sistem. Menu bantuan berfungsi menampilkan halaman bantuan. Menu data master terdiri dari sub menu data riwayat, densitas, penyakit, dan informasi. Sedangkan menu logout berfungsi untuk keluar dari halaman pakar.



Gambar 4.12 Halaman utama pakar

Gambar 4.13 merupakan rancangan antarmuka untuk halaman utama *knowledge engineer*. Pada halaman ini terdapat Home, Diagnosa, Riwayat, Artikel, Tentang Kami, Bantuan, Master Data, dan Logout. Menu home berfungsi untuk kembali ke halaman awal. Menu diagnosa berfungsi untuk masuk ke

halaman diagnosa hama penyakit. Menu riwayat berfungsi untuk masuk ke halaman riwayat diagnosa. Menu artikel berfungsi untuk masuk ke halaman informasi tentang hama penyakit tanaman pepaya. Menu tentang kami berfungsi untuk menampilkan informasi sistem. Menu bantuan berfungsi menampilkan halaman bantuan. Menu data master terdiri dari sub menu data pengguna, riwayat, densitas, penyakit, dan informasi. Sedangkan menu logout berfungsi untuk keluar dari halaman *knowledge engineer*.



Gambar 4.13 Halaman utama *knowledge engineer*

Gambar 4.14 merupakan rancangan antarmuka untuk halaman diagnosa. Pada halaman ini pengguna dapat memasukkan gejala-gejala yang ada untuk dapat didiagnosa oleh sistem pakar. Setelah semua gejala dimasukkan kemudian tekan tombol diagnosa untuk mendapatkan hasilnya.



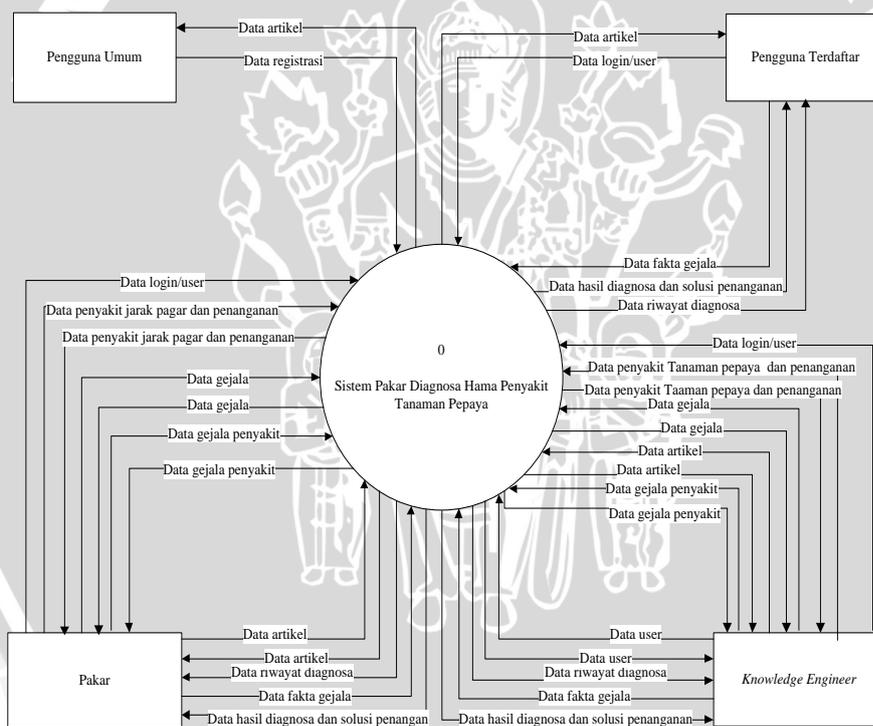
Gambar 4.14 Halaman diagnosa penyakit

4.3 Perancangan perangkat lunak

Perancangan perangkat lunak ini menjelaskan mengenai pola hubungan antar komponen-komponen detail sehingga mampu membentuk sebuah fungsi yang mampu memberikan pelayanan terhadap kebutuhan *pengguna*. Perancangan perangkat lunak menggunakan *Data Flow Diagram* (DFD) sebagai pemodelan perangkat lunak dan *Entity Relationship Diagram* (ERD) sebagai rancangan basisdatanya.

4.3.1 *Data flow diagram* (DFD)

Data Flow Diagram menggambarkan aliran data pada sebuah sistem informasi. DFD dapat menggambarkan proses-proses di dalam sistem informasi dengan menggunakan sudut pandang data. DFD dapat menunjukkan secara visual bagaimana sistem beroperasi, serta apa penyusun dari sistem dan bagaimana akan diimplementasikan. DFD digambarkan dalam bentuk level atau hierarki, yaitu DFD level 0 (diagram konteks), DFD level 1, diagram level 2, dan seterusnya. *Data Flow Diagram* level 0 dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 *Data Flow Diagram* level 0 sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya

Pada gambar 4.15 sudah digambarkan DFD level 0 sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya. Penjelasan DFD level 0 dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Jumlah input dan output DFD level 0 (context diagram)

Level DFD	Input	Output
DFD Level 0	16	17

Diagram level 0 akan didekomposisi menjadi beberapa sub proses yang lebih rinci pada diagram level 1. Gambar 4.16 merupakan DFD level 1 pada sistem pakar diagnosa hama penyakit pepaya. Penjelasan DFD level 1 dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Jumlah input dan output DFD level 1

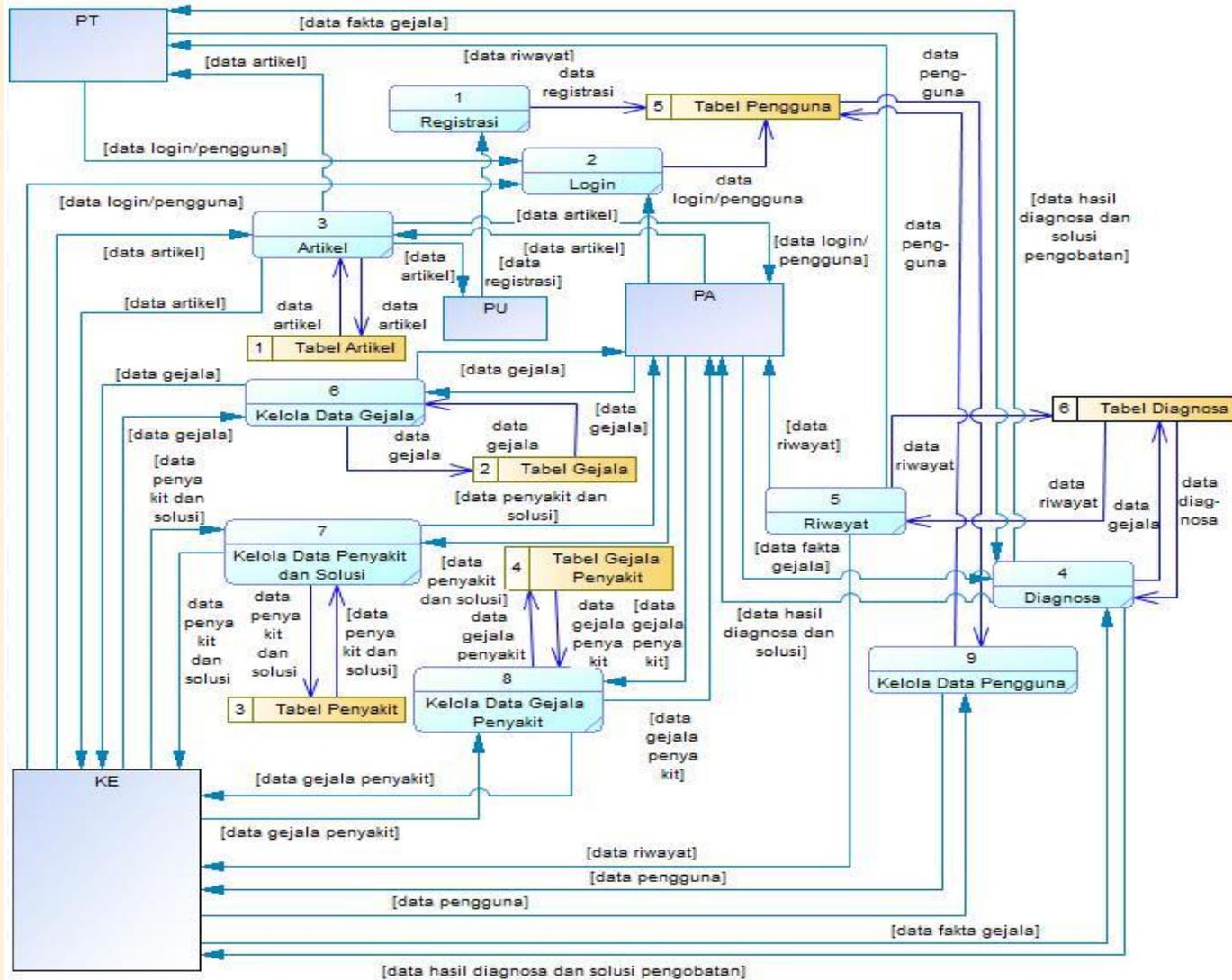
No	Nama Proses	Input	Output
1	Registerasi	1	0
2	Login	3	0
3	Artikel	2	4
4	Diagnosa	3	3
5	Riwayat	0	3
6	Kelola data gejala	2	2
7	Kelola data penyakit dan solusi	2	2
8	Kelola data gejala penyakit	2	2
9	Kelola data pengguna	1	1
	Total	16	17

Pada gambar 4.16 yang menggambarkan DFD level 1, sistem melalui proses utama dalam sistem pakar, berikut proses yang terjadi.

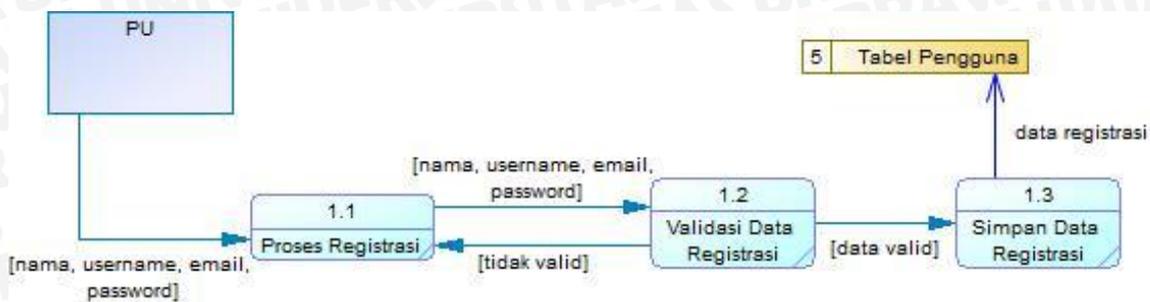
1. Proses registrasi merupakan proses pendaftaran Pengguna Umum (PU) ke dalam sistem pakar. PU dalam sistem harus memasukan beberapa data yang kemudian disimpan dalam tabel Pengguna. Setelah registrasi berhasil dilakukan Pengguna Umum (PU) akan menjadi Pengguna Terdaftar (PT) yang dapat melakukan konsultasi dengan sistem.
2. Proses *login* merupakan proses yang dilakukan oleh Pengguna Terdaftar (PT), *Knowledge Engineer* (KE), dan Pakar (PA). Proses ini dilakukan dengan memasukan beberapa data login, kemudian sistem akan memeriksa masukan tersebut dengan tabel Pengguna sehingga pengguna yang login dapat menggunakan sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya sesuai dengan hak akses yang diberikan.
3. Proses kelola artikel merupakan proses yang dilakukan oleh *Knowledge Engineer* (KE), dan Pakar (PA). Data-data artikel yang dikelola disimpan dalam tabel Artikel. Data artikel dalam sistem pakar dapat dilihat oleh Pengguna Umum (PU) dan Pengguna Terdaftar (PT).

4. Proses diagnosa merupakan proses yang dapat dilakukan oleh Pengguna Terdaftar (PT), *Knowledge Engineer* (KE), dan Pakar (PA). Proses ini dilakukan dengan memasukan fakta gejala (*evidence*) kemudian berdasarkan fakta gejala yang dimasukan sistem dapat menghitung dengan metode *Dempster-shafer*. Setelah hasil diketahui, akan disimpan dalam tabel Diagnosa. Hasil dari diagnosa adalah nama penyakit dan solusi penanganan.
5. Proses melihat Riwayat dapat dilakukan oleh Pengguna Terdaftar (PT), *Knowledge Engineer* (KE), dan Pakar (PA). PT terbatas hanya melihat riwayat diagnosa milik pribadi, sedangkan KE dan PA dapat melihat riwayat seluruh pengguna yang melakukan diagnosa dalam sistem pakar. Data riwayat dalam sistem pakar ini tidak dapat ditambah, dirubah, dan dihapus. Data riwayat disimpan dalam tabel Diagnosa.
6. Proses kelola data gejala merupakan proses dalam sistem pakar yang dapat dilakukan oleh *Knowledge Engineer* (KE), dan Pakar (PA). Data gejala disimpan dalam tabel Gejala.
7. Proses kelola data hama penyakit dan solusi penanganan merupakan proses dalam sistem pakar yang dapat dilakukan oleh *Knowledge Engineer* (KE), dan Pakar (PA). Data penyakit dan solusi penanganan disimpan dalam tabel Penyakit.
8. Proses kelola data gejala penyakit merupakan proses dalam sistem pakar yang dapat dilakukan oleh *Knowledge Engineer* (KE), dan Pakar (PA). Data gejala penyakit disimpan dalam tabel Gejala Penyakit.
9. Proses kelola data pengguna merupakan proses dalam sistem pakar yang hanya dapat dilakukan oleh *Knowledge Engineer* (KE). Data pengguna dalam sistem pakar ini disimpan dalam tabel Pengguna.

Data Flow Diagram pada level 2 ini merupakan lanjutan dari level 1 sebelumnya. Pada gambar 4.17 merupakan DFD level 2 dan akan dijelaskan beberapa proses yang lebih spesifik daripada level sebelumnya. Gambar DFD level 2 sub proses registrasi dapat dilihat pada gambar 4.17.

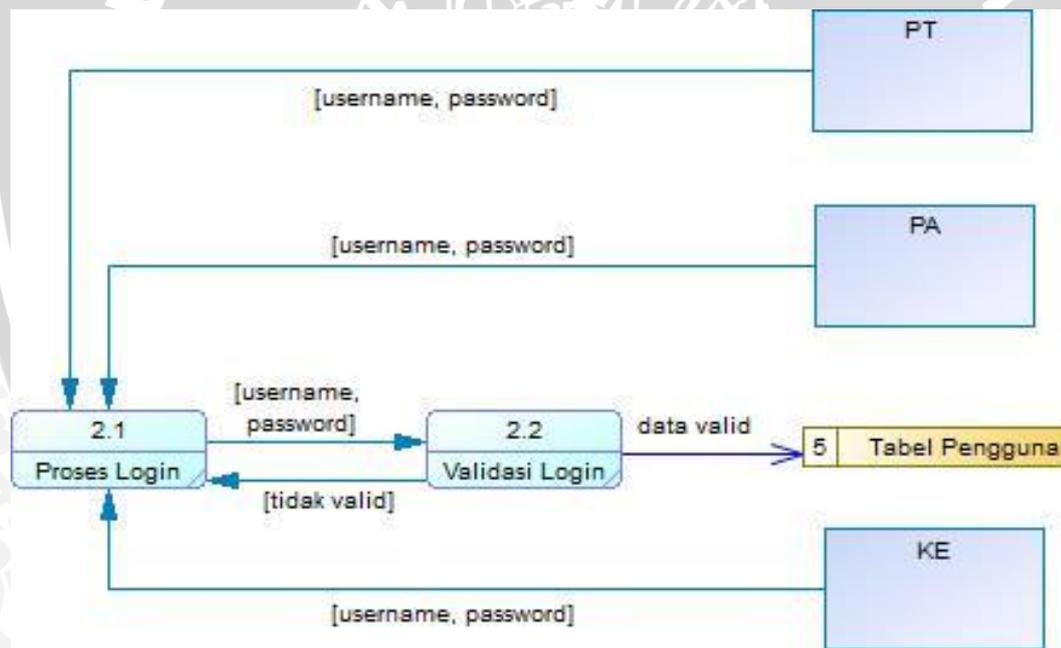


Gambar 4.16 Data Flow Diagram level 1 sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya



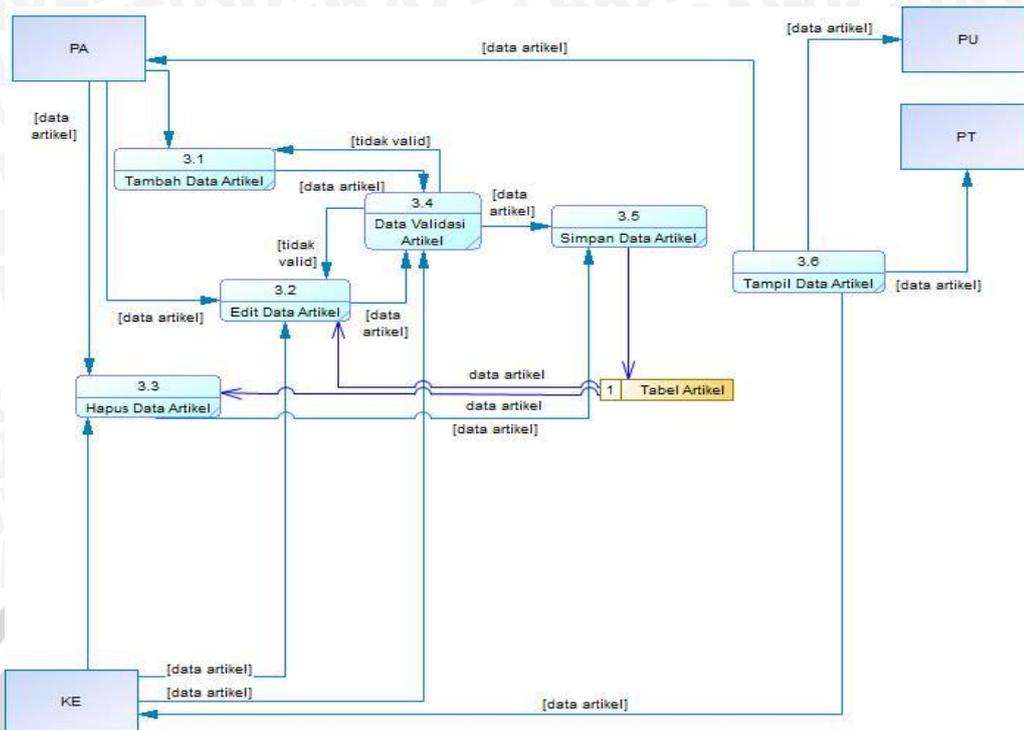
Gambar 4.17 DFD level 2 sub proses registrasi

Pada proses registrasi berdasarkan tabel 4.2 Pengguna Umum (PU) dapat melakukan pendaftaran agar dapat melakukan diagnosa dalam sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya. Data-data yang dibutuhkan untuk registrasi adalah nama, *username*, email, dan password. Kemudian data-data tersebut akan divalidasi oleh sistem kemudian akan disimpan pada tabel Pengguna. Selanjutnya gambar DFD level 2 sub proses *login* dapat dilihat pada gambar 4.18.



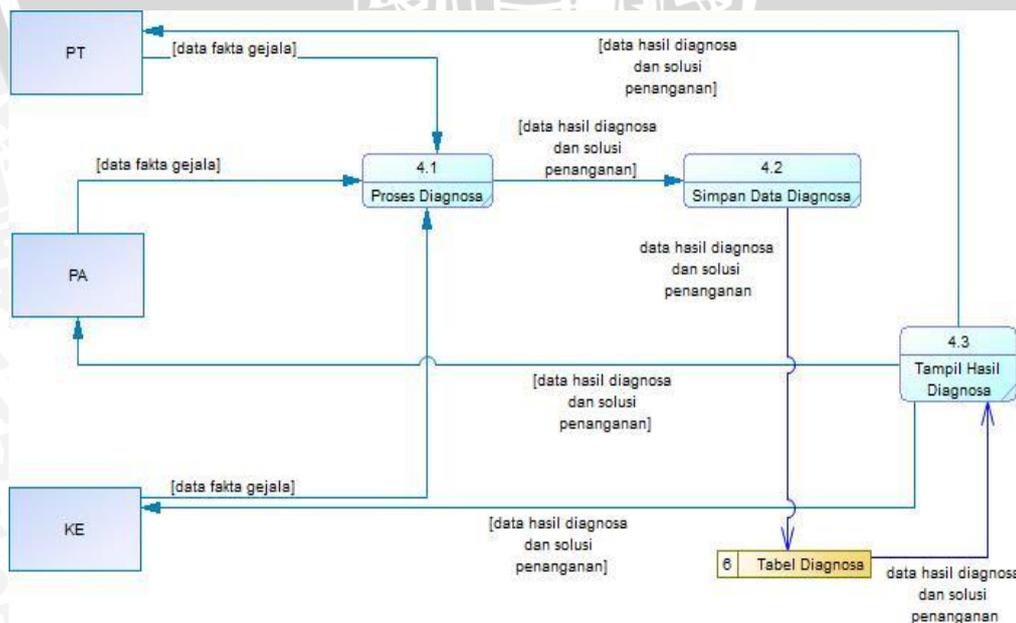
Gambar 4.18 DFD level 2 sub proses login

Pada proses login berdasarkan tabel 4.2 yang berperan adalah PT, KE, dan PA. Data-data yang dibutuhkan untuk login adalah *username* dan password, data-data tersebut akan divalidasi atau diperiksa berdasarkan tabel Pengguna oleh sistem. Kemudian pengguna akan masuk ke dalam sistem sesuai dengan hak akses yang telah diberikan. Selanjutnya gambar DFD level 2 sub proses kelola data artikel dapat dilihat pada gambar 4.19.



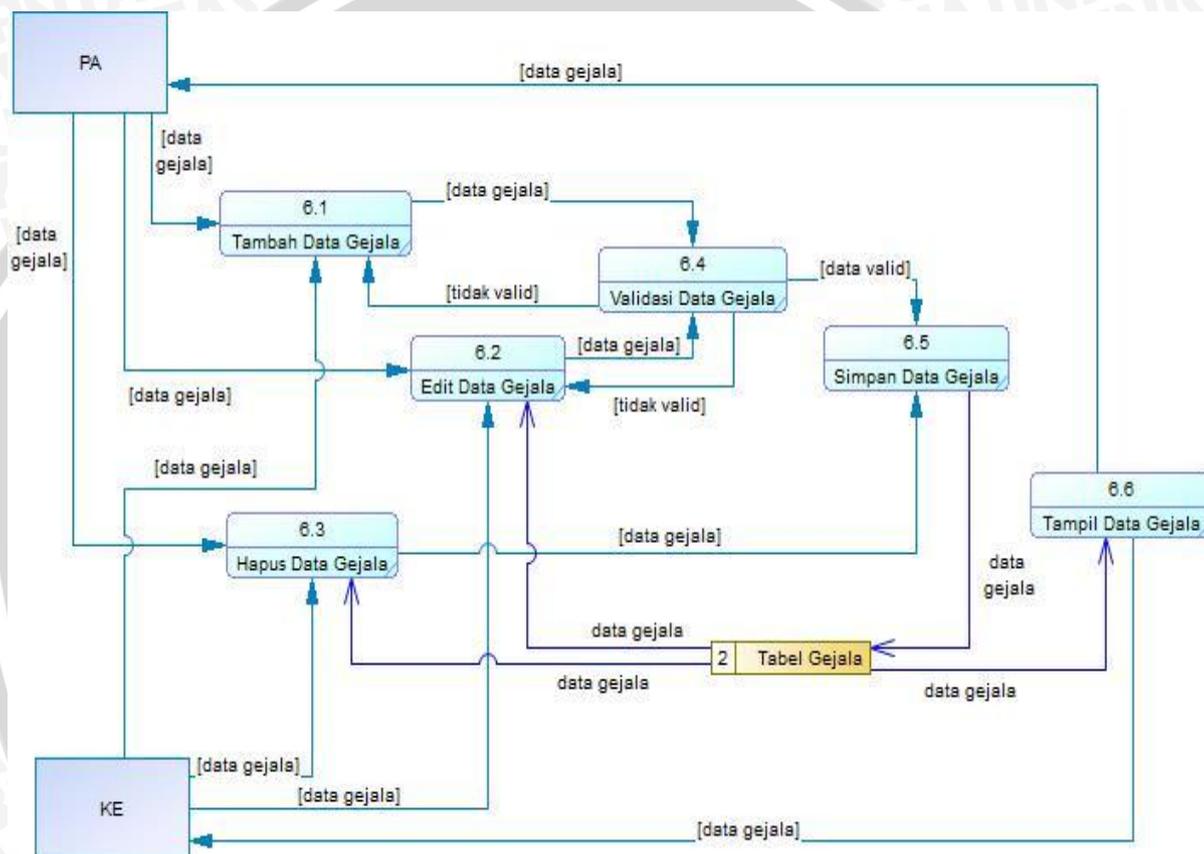
Gambar 4.19 DFD level 2 sub proses kelola data artikel

Pada proses kelola data artikel berdasarkan tabel 4.2 yang berperan adalah KE dan PA, sedangkan PU dan PT hanya dapat melihat isi artikel yang ditampilkan oleh sistem. KE dan PA dapat melakukan kelola data berupa tambah, ubah, dan hapus. Proses kelola akan divalidasi oleh sistem kemudian disimpan dalam tabel Artikel dan data ditampilkan kepada pengguna melalui halaman Tampil Artikel. Selanjutnya gambar DFD level 2 sub proses diagnosa dapat dilihat pada gambar 4.20.



Gambar 4.20 DFD level 2 sub proses diagnosa

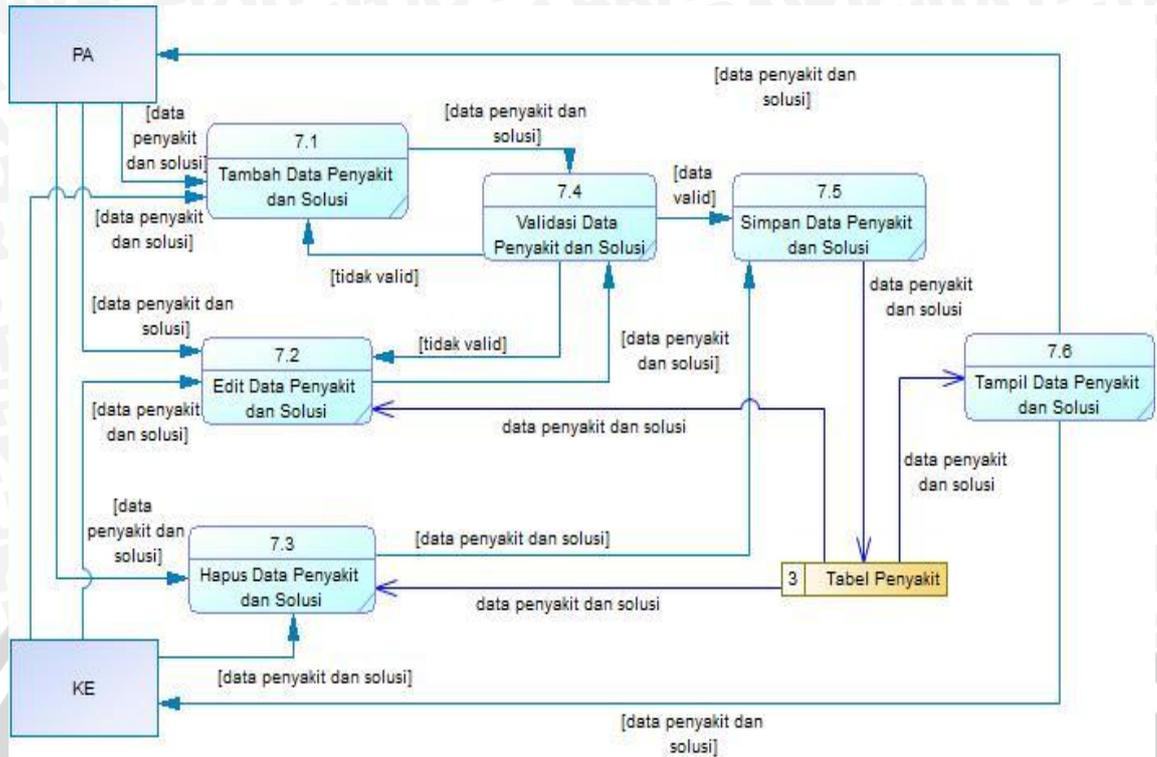
Pada proses diagnosa berdasarkan tabel 4.2 Pengguna Terdaftar (PT), Pakar (PA), dan *Knowledge Engineer* (KE) dapat melakukan diagnosa untuk mengetahui penyakit apa yang menyerang dan mendapatkan bagaimana solusi penanganan yang tepat. Data-data yang dibutuhkan sistem untuk mendiagnosa adalah data fakta gejala tanaman pepaya yang terserang penyakit. Kemudian dari data tersebut akan diproses dengan metode *Dempster-Shafer* dan disimpan dalam tabel Diagnosa. Setelah itu pengguna memperoleh hasil diagnosa sistem dan solusi penanganan yang tepat melalui antarmuka sistem. Selanjutnya gambar DFD level 2 sub proses kelola data gejala dapat dilihat pada gambar 4.21.



Gambar 4.21 DFD level 2 sub proses kelola data gejala

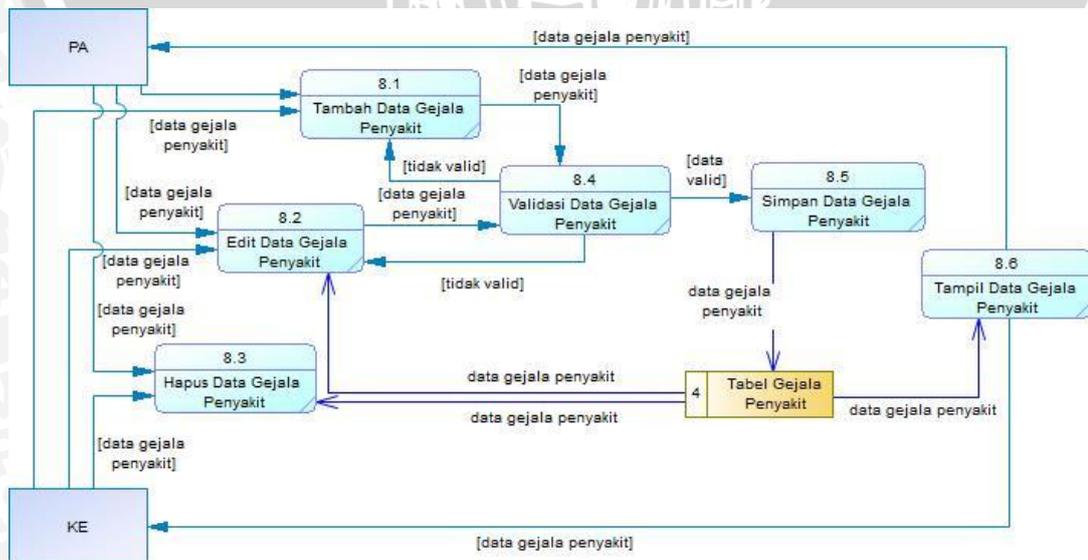
Pada kelola gejala berdasarkan tabel 4.2 yang berperan adalah KE dan PA. KE dan PA dapat melakukan kelola data berupa tambah, ubah, dan hapus. Proses kelola data gejala yang dilakukan akan divalidasi oleh sistem kemudian disimpan dalam tabel Gejala dan data ditampilkan kepada KE dan PA melalui halaman Data Gejala. Selanjutnya gambar DFD level 2 sub proses kelola data penyakit dan penanganan dapat dilihat pada gambar 4.22.





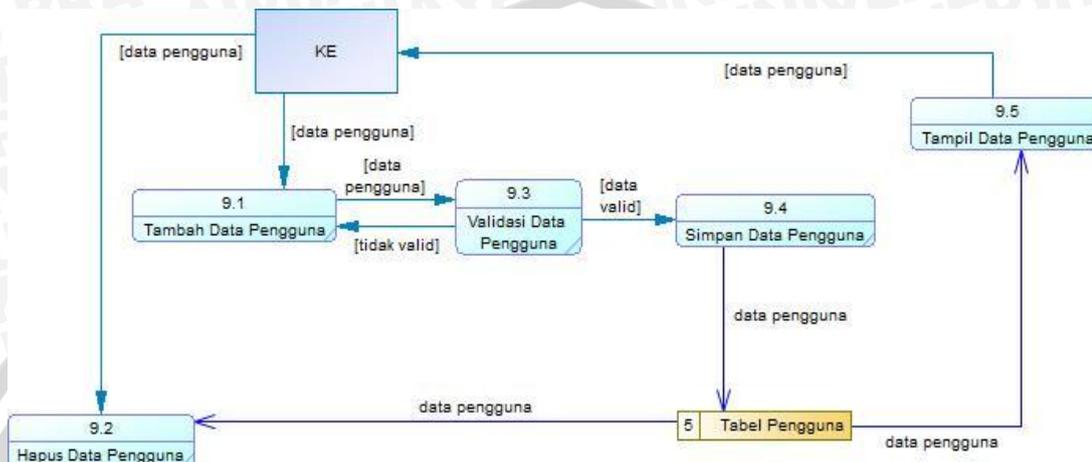
Gambar 4.22 DFD level 2 sub proses kelola data penyakit dan solusi penanganan

Pada kelola data penyakit dan solusi penanganan berdasarkan tabel 4.9 yang berperan adalah KE dan PA. KE dan PA dapat melakukan kelola data berupa tambah, ubah, dan hapus. Proses kelola data penyakit dan solusi penanganan yang dilakukan akan divalidasi oleh sistem kemudian disimpan dalam tabel Penyakit dan data ditampilkan kepada KE dan PA melalui halaman Data Penyakit. Selanjutnya gambar DFD level 2 sub proses kelola data gejala dan penyakit dapat dilihat pada gambar 4.23.



Gambar 4.23 DFD level 2 sub proses kelola data gejala dan penyakit

Pada kelola data gejala penyakit berdasarkan tabel 4.2 yang berperan adalah KE dan PA. KE dan PA dapat melakukan kelola data berupa tambah, ubah, dan hapus. Proses kelola data gejala penyakit yang dilakukan akan divalidasi oleh sistem kemudian disimpan dalam tabel Gejala Penyakit dan data ditampilkan kepada KE dan PA melalui halaman Data Gejala Penyakit. Selanjutnya gambar DFD level 2 sub proses kelola data pengguna dapat dilihat pada gambar 4.24.



Gambar 4.24 DFD level 2 sub proses kelola data pengguna

Pada kelola data pengguna berdasarkan tabel 4.2 yang berperan hanya *Knowledge Engineer* (KE). KE dapat melakukan kelola data berupa tambah dan hapus. Proses kelola pengguna yang dilakukan akan divalidasi oleh sistem kemudian disimpan dalam tabel Pengguna dan data ditampilkan kepada KE pada halaman Data Pengguna.

4.3.2 Entity Relationship Diagram (ERD)

Entity Relationship Diagram (ERD) adalah diagram yang dipakai untuk mendokumentasikan data dengan mengidentifikasi jenis entitas dan hubungannya. ERD berisi komponen-komponen himpunan entitas dan himpunan relasi yang masing-masing dilengkapi dengan atribut yang merepresentasikan seluruh fakta yang ditinjau dari keadaan nyata. Pada ERD aplikasi sistem pakar identifikasi hama tanaman jeruk ini terdapat enam entitas yang digunakan, yaitu entitas pengguna, admin, hama, gejala, aturan, dan hasil identifikasi. Rancangan ERD sistem pakar ditunjukkan pada Gambar 4.25.

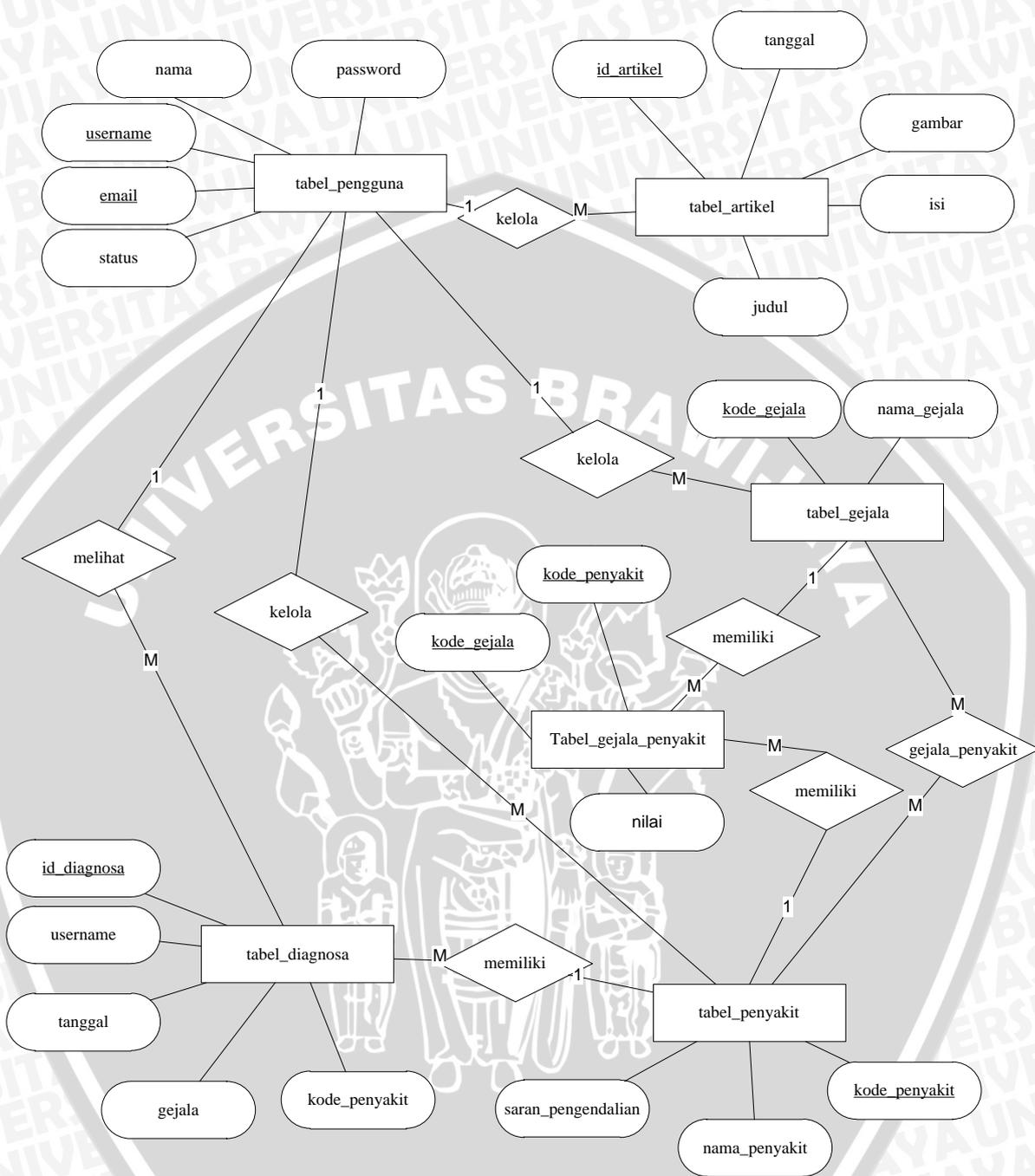
Dalam rancangan ERD di atas terdapat enam entitas, yaitu pengguna, artikel, gejala, penyakit, gejala penyakit, dan diagnosa. Entitas pengguna memiliki atribut *username* (*primary key*), *nama*, *email* (*primary key*), *password* dan *status*. Entitas gejala memiliki atribut *kode_gejala* (*primary key*) dan *nama_gejala*. Entitas penyakit memiliki atribut *kode_penyakit* (*primary key*), *nama_penyakit* dan *solusi*. Entitas gejala_penyakit memiliki atribut *kode_penyakit* (*primary key*), *kode_gejala*, dan *nilai*. Entitas diagnosa memiliki atribut *id_diagnosa* (*primary key*), *username*, *tanggal*, *gejala* dan *kode_penyakit*. Entitas artikel memiliki atribut *id_artikel* (*primary key*), *tanggal*, *judul*, *isi*, dan *gambar*. Entitas pengguna



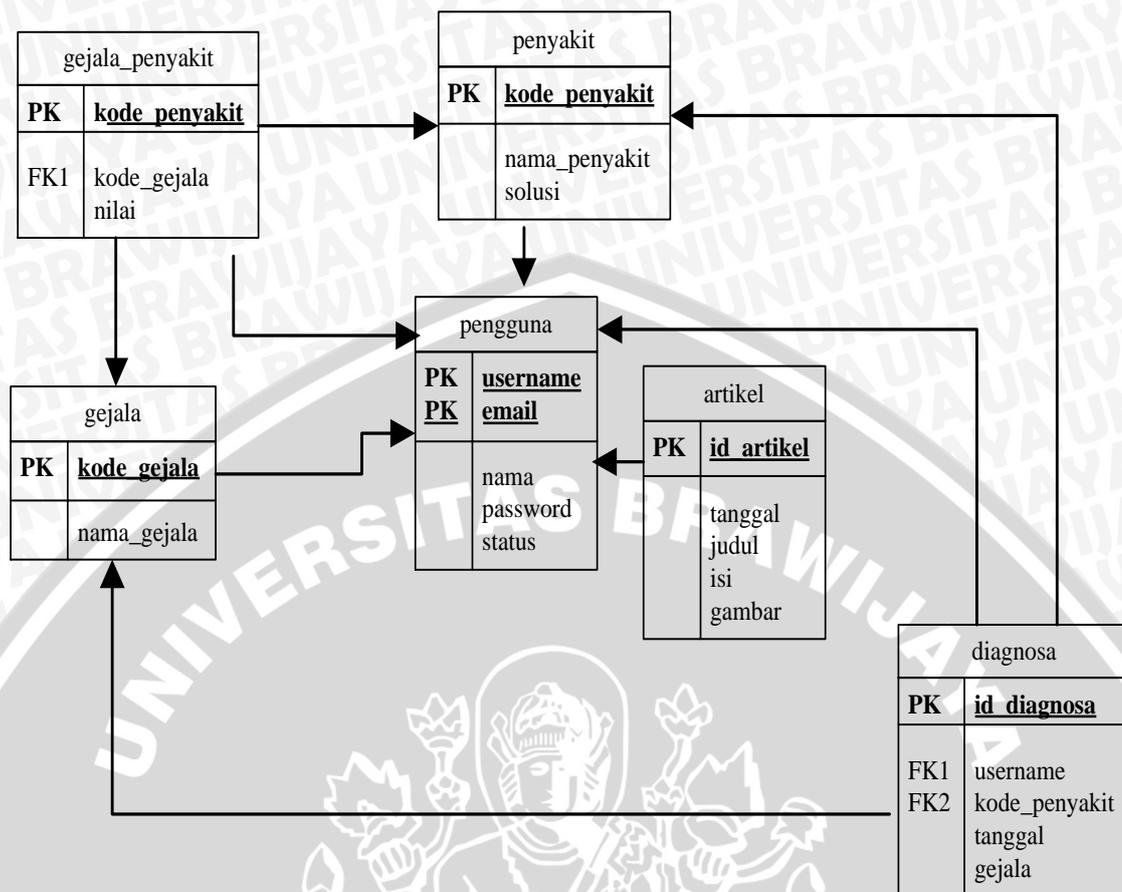
dapat melakukan diagnosa serta dapat mengelola entitas lain yaitu gejala, penyakit, gejala_penyakit, diagnosa, dan artikel. Entitas gejala berelasi dengan entitas gejala_penyakit dan entitas diagnosa. Entitas penyakit berelasi dengan entitas gejala_penyakit dan entitas diagnosa. Entitas penyakit berelasi dengan entitas gejala_penyakit dan entitas diagnosa.

Physical Data Model adalah perancangan dari konsep model data dari *database* yang digunakan. *Physical Data Model* pada sistem pakar ini ditunjukkan pada gambar 4.26.

1. Tabel Gejala
Tabel ini digunakan untuk menyimpan data-data gejala yang digunakan sistem untuk melakukan diagnosa serta digunakan sebagai masukan untuk perhitungan *Dempster-Shafer*. Tabel Gejala menyimpan kode_gejala (*primary key*) dan nama_gejala.
2. Tabel Penyakit
Tabel ini digunakan untuk menyimpan data-data penyakit yang dapat didiagnosa oleh sistem. Tabel Penyakit menyimpan kode_penyakit (*primary key*), nama_penyakit, dan solusi.
3. Tabel Gejala_Penyakit
Tabel ini digunakan untuk menyimpan data-data gejala penyakit. Tabel Gejala_Penyakit menyimpan kode_penyakit (*primary key*), kode_gejala, dan nilai (densitas).
4. Tabel Diagnosa
Tabel ini digunakan untuk menyimpan data-data riwayat diagnosa seluruh pengguna. Tabel Diagnosa menyimpan id_diagnosa (*primary key*), username, tanggal, gejala, dan kode_penyakit.
5. Tabel Artikel
Tabel ini digunakan untuk menyimpan data artikel. Tabel Artikel menyimpan id_artikel (*primary key*), tanggal, judul, isi, dan gambar.
6. Tabel pengguna
Tabel ini digunakan untuk menyimpan data pengguna. Tabel pengguna menyimpan nama, username, password, email, dan status.



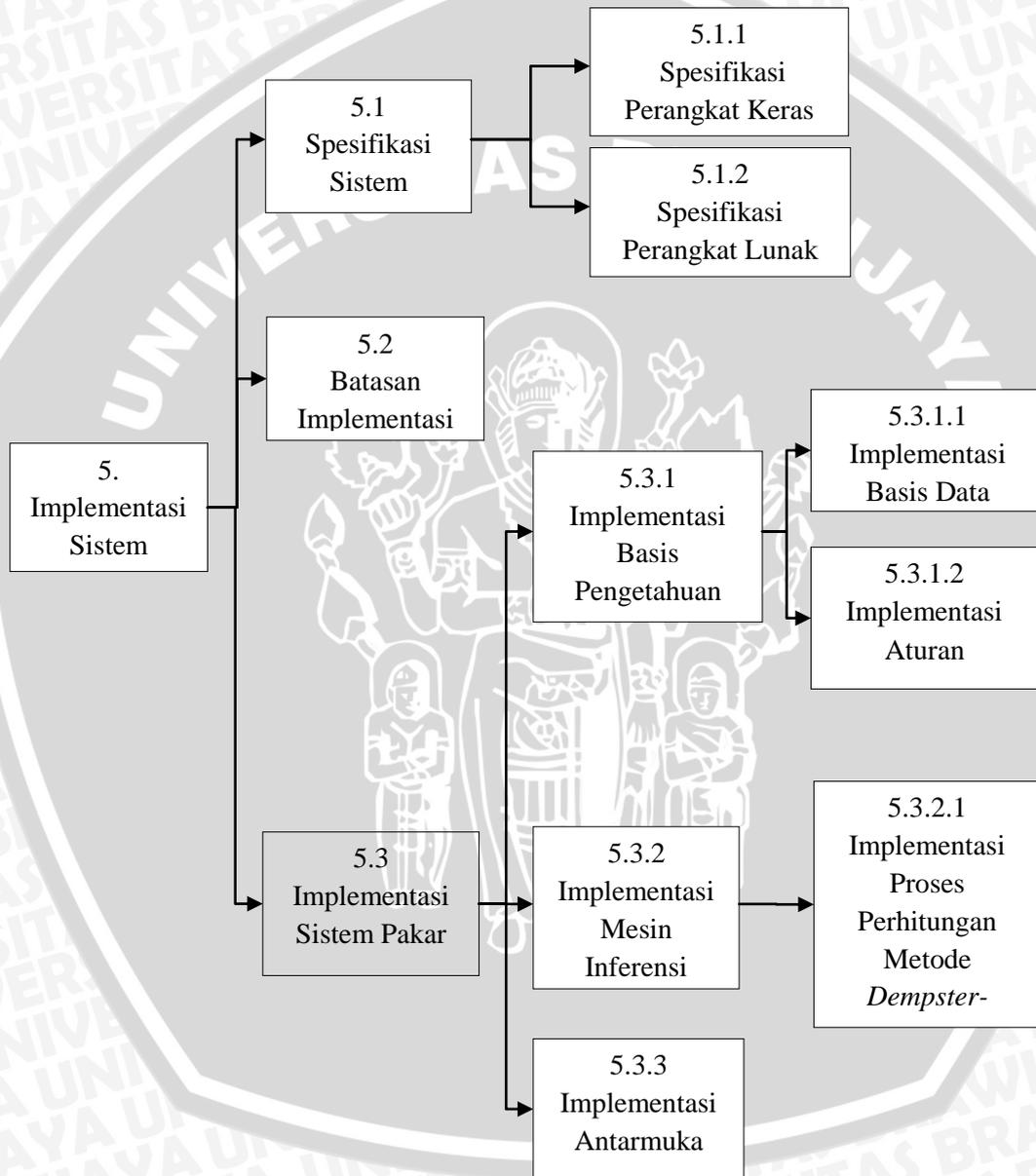
Gambar 4.25 Rancangan ERD sistem pakar



Gambar 4.26 Physical diagram sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman papaya

BAB 5 IMPLEMENTASI

Bab implementasi ini akan membahas tentang implementasi sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya berdasarkan proses perancangan yang telah dibangun sebelumnya. Pembahasan dalam tahap ini meliputi spesifikasi sistem, batasan implementasi, implementasi sistem pakar, dan implementasi antarmuka. Pohon implementasi sistem ditunjukkan pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Pohon implementasi

5.1 Spesifikasi sistem

Hasil dari analisa kebutuhan perangkat lunak yang terdapat pada Bab 4 menjadi acuan dalam mengimplementasikan sistem yang dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan pengguna. Spesifikasi sistem terdiri dari dua macam yaitu spesifikasi perangkat keras dan spesifikasi perangkat lunak.

5.1.1 Spesifikasi perangkat keras

Spesifikasi perangkat keras dalam pembangunan sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya terdiri dari komponen-komponen yang ditunjukkan pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Spesifikasi perangkat keras

Nama Komponen	Spesifikasi
<i>System Model</i>	Notebook ASUS K46CM
<i>Processor</i>	Intel(R) Core™ i5-3317U CPU @ 1.70 GHz
Memori (RAM)	4GB RAM
Kartu Grafis	NVIDIA Geforce GT 635M 2GB
Hardisk	500GB HDD

5.1.2 Spesifikasi perangkat lunak

Spesifikasi perangkat lunak terdiri dari sistem operasi pendukung dalam pembuatan sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Spesifikasi perangkat lunak

Sistem Operasi	Microsoft Windows 7 (64-bit)
Bahasa Pemrograman	PHP
<i>Tools</i> Pemrograman	PHP Designer
DBMS	MySQL
<i>Browser</i>	Google Chrome

5.2 Batasan-batasan implementasi

Berikut ini merupakan batasan implementasi pada pembangunan sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya.

1. Sistem yang dibangun berbasis web dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP.
2. Masukan yang dapat diterima oleh sistem berupa gejala-gejala penyakit tanaman pepaya berdasarkan data yang telah didapatkan sebelumnya dari hasil observasi.
3. Menerapkan metode *Dempster-Shafer* pada proses perhitungan penentuan hasil diagnosanya.
4. Keluaran yang dihasilkan oleh sistem yaitu berupa empat jenis hama dan empat jenis penyakit tanaman pepaya (Hama kutu sisik, Hama Tungau, Hama kutu aphids, Hama Lalat Buah, Penyakit Busuk akar dan Pangkal Batang, Penyakit Layu Bakteri, Penyakit Ringspotvirus, dan Penyakit busuk buah antraknose) dan solusi penanganan.

5. Pengguna utama pada sistem ini terdiri dari pengguna umum (PU), pengguna terdaftar (PT), pakar (PA), dan *knowledge engineer* (KE).
6. Pengguna yang ingin mengakses sistem pakar ini harus *login* terlebih dahulu, PU tidak dapat login dan hanya dapat melihat informasi atau artikel tentang penyakit tanaman pepaya. Jika belum memiliki akun, maka pengguna harus melakukan registrasi.
7. Setiap pengguna memiliki hak akses yang berbeda pada penggunaan sistem sesuai dengan kebutuhan.
8. Proses kelola data pengguna hanya dapat dilakukan oleh KE.

5.3 Implementasi sistem pakar

Implementasi sistem pakar diperoleh berdasarkan perancangan pada bab 4 yang telah diuraikan sebelumnya. Implementasi pada sistem pakar terdiri dari implementasi basis pengetahuan, implementasi mesin inferensi, dan implementasi antarmuka.

5.3.1 Implementasi basis pengetahuan

Implementasi basis pengetahuan terdiri dari dua macam yaitu implementasi basis data dan implementasi aturan.

5.3.1.1 Implementasi basis data

Implementasi basis data merupakan proses penyimpanan data-data dari sistem ke dalam sebuah *database*. Basis data yang digunakan dalam implementasi ini adalah DBMS MySQL. Penyimpanan data dikelompokkan kedalam tabel-tabel kemudian yang digambarkan dalam diagram model konseptual *Entity Relationship* yang ditunjukkan pada Gambar 5.2.

Tabel	Field	Tipe Data
sispak_pepaya : pengguna	username	varchar(15)
	nama	varchar(30)
	email	varchar(50)
	password	varchar(50)
	status	varchar(50)
sispak_pepaya : artikel	id	int(10)
	tanggal	date
	judul	varchar(255)
	isi	text
	gambar	varchar(255)
sispak_pepaya : penyakit	kode_penyakit	varchar(10)
	nama_penyakit	varchar(50)
	solusi	varchar(5000)
sispak_pepaya : diagnosa	id	int(10)
	username	varchar(15)
	tanggal	datetime
	gejala	varchar(1000)
sispak_pepaya : gejala_penyakit	kode_penyakit	varchar(10)
	kode_gejala	varchar(10)
	nilai	double
sispak_pepaya : gejala	kode_gejala	varchar(10)
	nama_gejala	varchar(200)

Gambar 5.2 Implementasi diagram ER sistem

5.3.1.2 Implementasi aturan

Implementasi aturan adalah sebuah implementasi yang berasal dari data-data basis pengetahuan yang telah dijelaskan pada proses perancangan. Implementasi aturan dalam sistem ini adalah data densitas. Implementasi aturan mengacu Tabel 4.9 sub bab 4.2.2 Basis Pengetahuan ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Implementasi aturan

kode_penyakit	kode_gejala	nilai
H1	G01	0.9
H1	G02	0.75
H1	G03	0.25
H1	G09	0.25
H1	G14	0.25
H1	G19	0.75
H1	G20	0.1
H2	G04	0.9
H2	G05	0.5
H2	G06	0.5
H2	G09	0.1
H2	G10	0.5
H2	G17	0.1
H3	G07	0.9
H3	G08	0.75
H3	G09	0.5
H3	G10	0.25
H4	G11	0.75
H4	G12	0.5
H4	G13	0.5
H4	G14	0.5
P1	G02	0.1
P1	G15	0.9
P1	G16	0.75
P1	G17	0.5
P1	G18	0.5
P1	G19	0.1
P1	G20	0.5
P2	G19	0.5
P2	G20	0.75
P2	G21	0.5
P2	G22	0.25
P3	G09	0.25
P3	G10	0.75
P3	G17	0.5
P3	G23	0.9
P3	G24	0.75
P3	G25	0.5
P3	G26	0.25
P4	G14	0.75
P4	G27	0.9
P4	G28	0.5

Berdasarkan tabel 5.3 dapat diperoleh database data densitas yang ditunjukkan pada Gambar 5.3.

kode_penyakit	kode_gejala	nilai
H1	G01	0.9
H1	G02	0.75
H1	G03	0.25
H1	G09	0.25
H1	G14	0.25
H1	G19	0.75
H1	G20	0.1
H2	G04	0.9
H2	G05	0.5
H2	G06	0.5
H2	G09	0.1
H2	G10	0.5
H2	G17	0.1
H3	G07	0.9
H3	G08	0.75
H3	G09	0.5
H3	G10	0.25
H4	G11	0.75
H4	G12	0.5
H4	G13	0.5
H4	G14	0.5
P1	G02	0.1
P1	G15	0.9

Gambar 5.3 Implementasi aturan data densitas

5.3.2 Implementasi mesin inferensi

Implementasi mesin inferensi merupakan sebuah implementasi dari proses perhitungan sistem pakar yang telah dibangun yang mengacu pada sub bab mesin inferensi pada bab perancangan. Proses perhitungan pada mesin inferensi ini menerapkan metode *Dempster-Shafer*.

5.3.2.1 Implementasi proses perhitungan metode Dempster-shafer

Implementasi proses perhitungan dengan metode *Dempster-Shafer* berdasarkan pada algoritma yang telah dirancang dalam gambar 4.4 diagram alir perhitungan *Dempster-Shafer* sub bab 4.2.3 mesin inferensi pada bab perancangan. Dalam sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya pengguna diminta untuk memilih data fakta gejala yang telah disediakan oleh sistem. Nilai densitas berdasarkan data fakta gejala tersebut akan dilakukan proses perhitungan menggunakan metode *Dempster-Shafer*. Implementasi proses perhitungan metode *Dempster-Shafer* ditunjukkan pada source code 5.1.

```
1. if(isset($_POST['gejala'])){
2.     $gejalas = explode("&", $_POST['gejala']);
3.     if (count($gejalas) > 1){
4.         foreach($gejalas as $i => $gejala) {
5.             if($i==0){
6.                 $penyakit = array();
7.                 $densitasTertinggi = 0;
8.                 $plausability = 0;
9.                 $sql=mysql_query("SELECT kode_penyakit, kode_gejala, nilai
10. FROM gejala_penyakit WHERE kode_gejala='$gejala' ORDER BY
11. nilai DESC");
12.                 $j = 0;
13.                 while($rs=mysql_fetch_array($sql)){
14.                     if($j==0) {
15.                         $densitasTertinggi = $rs['nilai'];
16.                         $plausability = 1-$densitasTertinggi;
17.                     }
18.                     $penyakit[$j] = $rs['kode_penyakit'];
19.                     $j++;
20.                 }
21.                 $arrayHasil[$i][0]['name'] = $penyakit;
22.                 $arrayHasil[$i][0]['value'] = $densitasTertinggi;
23.                 $arrayHasil[$i][1]['name'] = array(0);
24.                 $arrayHasil[$i][1]['value'] = $plausability;
25.             } else {
26.                 $penyakit = array();
27.                 $densitasTertinggi = 0;
28.                 $plausability = 0;
29.                 $sql=mysql_query("SELECT kode_penyakit, kode_gejala, nilai
30. FROM gejala_penyakit WHERE kode_gejala='$gejala' ORDER BY
31. nilai DESC");
32.                 $j = 0;
33.                 while($rs=mysql_fetch_array($sql)){
34.                     if($j==0) {
35.                         $densitasTertinggi = $rs['nilai'];
36.                         $plausability = 1-$densitasTertinggi;
37.                     }
38.                     $penyakit[$j] = $rs['kode_penyakit'];
39.                     $j++;
40.                 }
41.                 $arrayHasil[$i][0]['name'] = $penyakit;
42.                 $arrayHasil[$i][0]['value'] = $densitasTertinggi;
43.                 $arrayHasil[$i][1]['name'] = array(0);
44.                 $arrayHasil[$i][1]['value'] = $plausability;
```

```
45. $arrayKombinasi = array();
46. $k = 0;
47. foreach ($arrayHasil[$i-1] as $key1 => $array1v) {
48.   foreach ($arrayHasil[$i] as $key2 => $array2v) {
49.     if($array1v['name'][0]!="0" and $array2v['name'][0]!="0") {
50.       $irisan1 =
51.         array_intersect($array1v['name'],$array2v['name']);
52.       if(count($irisan1) > 0){
53.         $arrayKombinasi[$k]['name'] = $irisan1;
54.       } else {
55.         $arrayKombinasi[$k]['name'] = array(1);
56.       }
57.     } else if($array1v['name'][0]!="0" and
58.       $array2v['name'][0]=="0"){
59.       $arrayKombinasi[$k]['name'] = $array1v['name']
60.     } else if($array1v['name'][0]=="0" and
61.       $array2v['name'][0]!="0") {
62.       $arrayKombinasi[$k]['name'] = $array2v['name'];
63.     } else if($array1v['name'][0]=="0" and
64.       $array2v['name'][0]=="0"){
65.       $arrayKombinasi[$k]['name'] = array(0); //plausability
66.     }
67.     $arrayKombinasi[$k]['value'] =
68.       $array1v['value']*$array2v['value'];
69.     $k++;
70.   }
71. }
72. $yangSama = array();
73. $penyebut = 0;
74. $m = 0;
75. for($k=0;$k<count($arrayKombinasi);$k++){
76.   if (in_array($k, $yangSama)) continue;
77.   $pembilang = $arrayKombinasi[$k]['value'];
78.   $penyebutYgSama = array();
79.   for($l=$k+1;$l<count($arrayKombinasi);$l++){
80.     asort($arrayKombinasi[$k]['name']);
81.     asort($arrayKombinasi[$l]['name']);
82.     if(implode(",",$arrayKombinasi[$k]['name'])==implode(",",$
83.       $arrayKombinasi[$l]['name'])){
84.       $pembilang += $arrayKombinasi[$l]['value'];
85.       array_push($yangSama, $l);
86.     } else {
87.       if(implode(",",$arrayKombinasi[$k]['name'])==1 &&
88.         in_array($k, $penyebutYgSama)==false){
89.         $penyebut += $arrayKombinasi[$k]['value'];
```

```

90. array_push($penyebutYgSama, $k);
91. }
92. }
93. }
94. if(array_key_exists(0, $arrayKombinasi[$k]['name'])){
95. if ($arrayKombinasi[$k]['name'][0]==1) continue;
96. }
97. $arrayHasil[$i][$m]['name'] = $arrayKombinasi[$k]['name'];
98. $arrayHasil[$i][$m]['value'] = number_format($pembilang/(1-
    $penyebut),5, '.', '');
99. $m++;
100. }
    
```

Source code 5.1 Implementasi proses perhitungan metode *dempster-shafer*

Penjelasan *source code* implementasi proses perhitungan metode *Dempster-Shafer* pada gambar 5.4 yaitu.

- Baris 1 – 2 : Melakukan pengecekan gejala. Gejala harus diisi.
- Baris 3 – 4 : Pengulangan gejala sebanyak gejala yang dimasukkan
- Baris 5 – 8 : Deklarasi variabel jika masukan hanya satu gejala
- Baris 9-11 : Mengambil fakta gejala sesuai dengan masukan dari pengguna
- Baris 12 – 15 : Mencari *belief* (nilai densitas tertinggi)
- Baris 16 – 17 : Menghitung nilai *plausibility*
- Baris 18 – 20 : Memanggil nama penyakit sesuai densitas tertinggi
- Baris 21 – 24 : Set data masukan satu gejala
- Baris 25 – 28 : Deklarasi variabel perhitungan jika gejala lebih dari satu
- Baris 29 – 31 : Mengambil fakta gejala sesuai dengan masukan dari pengguna
- Baris 32 – 35 : Mencari densitas tertinggi
- Baris 36 – 37 : Menghitung *plausibility*
- Baris 38 – 40 : Memanggil nama penyakit sesuai densitas tertinggi gejala pertama
- Baris 41 – 46 : Deklarasi variabel perhitungan jika gejala ke-n
- Baris 47 – 93 : Proses mendapatkan m kombinasi
- Baris 94 – 100 : Proses menghitung nilai kombinasi densitas untuk mendapatkan nilai densitas baru

Implementasi sistem berdasarkan manualisasi perancangan dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Implementasi sistem berdasarkan manualisasi perancangan

Kasus	Gejala yang Diderita	Hasil diagnosa manualisasi	Nilai densitas manualisasi	Hasil diagnosa sistem	Nilai densitas sistem	Keterangan
1.	• Batang busuk,	Hama Kutu	Hama Kutu Sisik,	0.75, 0.5,	0.75, 0.5,	Karena hanya 1



	daun gugur dan tanaman mati (G20)	Sisik, Penyakit Layu Bakteri	Penyakit Busuk Akar dan Pangkal Batang, Layu Bakteri	0.1	0.1	gejala yang dimasukkan maka semua kemungkinan dimasukkan diurutkan berdasarkan nilai kepercayaan tertinggi
2.	<ul style="list-style-type: none"> • Buah berwarna coklat, tidak menarik, dan terasa pahit bila dimakan (G12) • Buah mengeluarkan aroma alkohol (G13) • Buah jatuh ke tanah (G14) 	Hama Lalat Buah	Hama Lalat Buah	0.5	0.5	Nilai tertinggi untuk kasus tiga gejala ini yaitu Hama Lalat Buah dengan nilai 0,5
3.	<ul style="list-style-type: none"> • Tulang-tulang daun muda berwarna kuning transparan (G23) 	Ringspot Virus	Ringspot Virus	0.9	0.9	Karena gejala ini merupakan gejala spesifik milik penyakit Ringspotvirus

5.3.3 Implementasi antarmuka

Antarmuka aplikasi sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya ini digunakan pengguna untuk berinteraksi dengan sistem perangkat lunak yang dibangun. Implementasi antarmuka terdiri dari halaman-halaman pada sistem yang telah dibangun berdasarkan bab perancangan sub bab 4.2.6 antarmuka.

Berikut ini merupakan tampilan dari implementasi antarmuka sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya.

1. Tampilan Halaman Utama

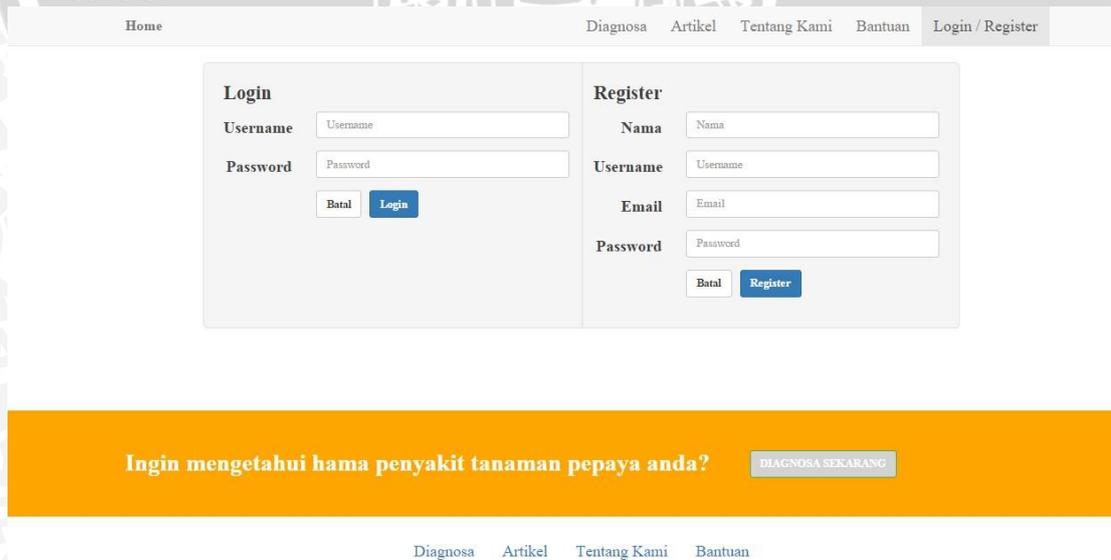
Halaman utama sistem pakar berisi tentang informasi-informasi yang berhubungan dengan penyakit tanaman pepaya. Pada halaman ini terdapat menu-menu Home, Diagnosa, Artikel, Tentang Kami, Bantuan, dan Login/Registrasi. Halaman utama ini dapat diakses oleh semua pengguna. Tampilan halaman utama ditunjukkan pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Tampilan halaman utama

2. Tampilan Halaman Registrasi

Halaman registrasi disediakan bagi pengguna umum (PU) yang ingin melakukan pendaftaran ke dalam sistem, karena syarat utama untuk melakukan diagnosa adalah pengguna harus terdaftar lebih dahulu ke dalam sistem. Pada halaman ini pengguna umum diminta untuk mengisikan data registrasi yang terdiri dari nama, *username*, *email*, dan *password* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Tampilan halaman registrasi

3. Tampilan Halaman *Login*

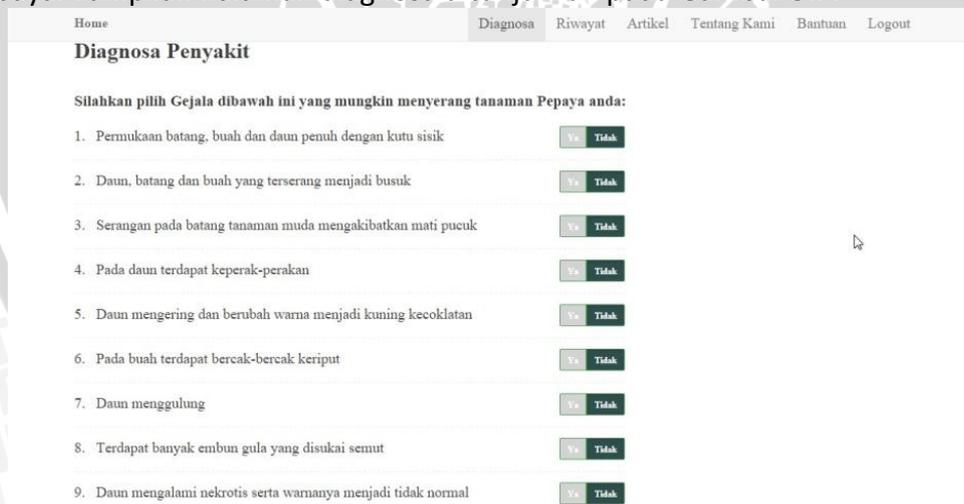
Halaman *login* disediakan bagi Pengguna Terdaftar (PT), Pakar (PA), dan *Knowledge Engineer* (KE) agar pengguna dapat masuk ke dalam sistem dan dapat menggunakan sistem pakar. Pada menu ini pengguna diminta untuk memasukan *username* dan *password* sesuai dengan data yang diisi pada saat melakukan registrasi. Tampilan halaman *login* ditunjukkan pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Tampilan halaman *login*

4. Tampilan Halaman *Diagnosa*

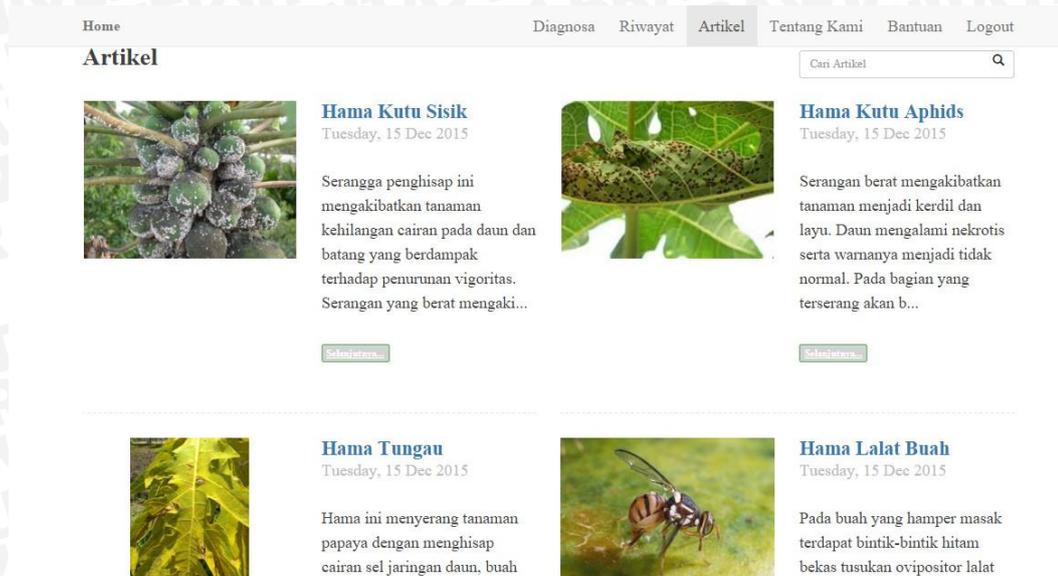
Halaman ini dapat diakses oleh pengguna terdaftar, pakar, dan *knowledge engineer*. Pada halaman ini pengguna dapat *melakukan* diagnosa penyakit tanaman pepaya dengan memilih data gejala sesuai dengan kondisi tanaman pepaya. Tampilan halaman *diagnosa* ditunjukkan pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Tampilan halaman *diagnose*

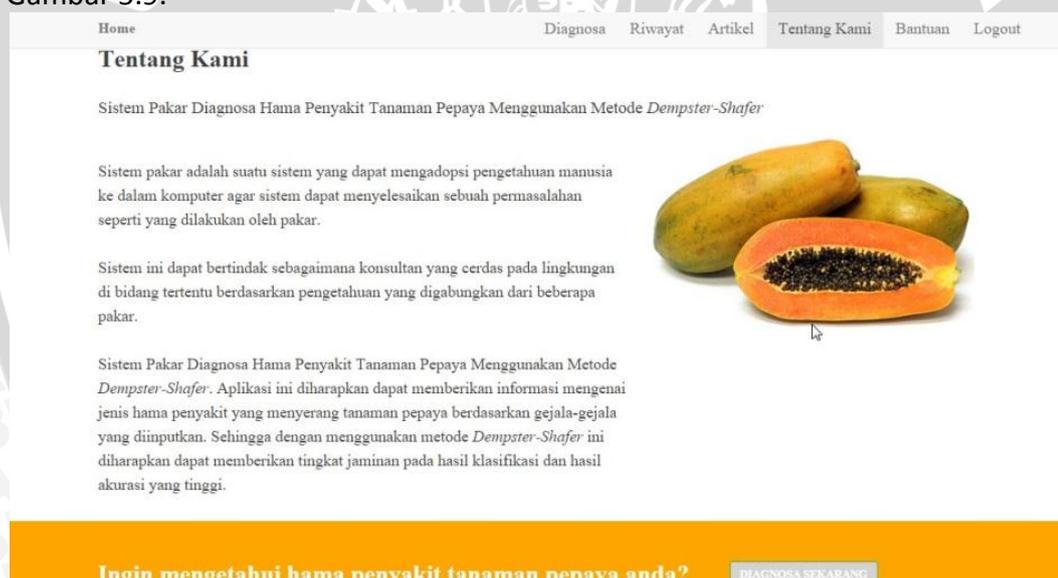
5. Tampilan Halaman *Artikel*

Halaman *artikel* berisi tentang informasi atau *artikel-artikel* yang berhubungan dengan penyakit tanaman pepaya serta solusi penanganan. Halaman ini dapat diakses oleh semua pengguna. Antarmuka *artikel* ditunjukkan pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Tampilan halaman artikel

6. Tampilan Halaman Tentang Kami
Halaman tentang kami berisi tentang informasi dan profil singkat tentang sistem pakar yang dibangun. Tampilan halaman tentang kami ditunjukkan pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Tampilan halaman tentang kami

7. Tampilan Halaman Bantuan
Halaman bantuan berisi tentang langkah-langkah penggunaan sistem bagi pengguna seperti cara melakukan diagnosa tentang hama penyakit tanaman pepaya. Halaman ini dibuat bertujuan untuk membantu pengguna yang masih awam dalam menggunakan sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya. Tampilan halaman bantuan ditunjukkan pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Tampilan halaman bantuan

8. Tampilan Halaman Awal Pengguna Terdaftar
Setelah berhasil melakukan registrasi dan login, pengguna terdaftar dapat menggunakan sistem untuk mendiagnosa penyakit tanaman pepaya. Pada halaman awal pengguna terdaftar ini terdapat beberapa menu, yaitu menu Diagnosa, Riwayat, Artikel, Tentang Kami, Bantuan, dan Logout. Tampilan halaman awal pengguna terdaftar ditunjukkan pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Tampilan halaman awal pengguna terdaftar

9. Tampilan Halaman Riwayat Diagnosa
Halaman riwayat diagnosa berisi histori tentang diagnosa-diagnosa yang dilakukan pengguna sebelumnya. Informasi dalam riwayat diagnosa berupa nama, tanggal diagnosa, gejala, penyakit, dan solusi. Tampilan halaman riwayat ditunjukkan pada Gambar 5.12.

No	Username	Tanggal	Gejala	Penyakit	Solusi	
1	fikri	2016-01-12 11:34:50	Permukaan batang, buah dan daun penuh dengan kutu sisik, Daun, batang dan buah yang terserang menjadi busuk . Serangan pada batang tanaman muda mengakibatkan mati pucuk	Hama Kutu Sisik	Pengendalian: - Penggunaan parasitoid Comperiella lemniscata, Aphytis melinus dan Encorsia citrina masing-masing dengan tingkat parasitasi sebesar 80% berhasil dilakukan di Queensland.	

Gambar 5.12 Tampilan halaman riwayat diagnosa

10. Tampilan Halaman Awal Pakar
 Halaman awal pakar terdapat beberapa menu, yaitu Home, Diagnosa, Riwayat, Artikel, Tentang Kami, Bantuan, Master Data, dan Logout. Tampilan halaman awal pakar ditunjukkan pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13 Tampilan halaman awal pakar

11. Tampilan Halaman Knowledge Engineer
 Halaman awal *knowledge engineer* terdapat beberapa menu, yaitu Home, Diagnosa, Riwayat, Artikel, Tentang Kami, Bantuan, Master Data, dan Logout. Tampilan halaman awal *knowledge engineer* ditunjukkan pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Tampilan halaman awal *knowledge engineer*



12. Tampilan Halaman Data Artikel

Halaman data artikel merupakan halaman yang hanya dapat diakses oleh pakar dan *knowledge engineer*. Pada halaman ini pakar dan *knowledge engineer* dapat melakukan pengolahan data artikel berupa tambah, ubah, dan hapus. Tampilan halaman data artikel ditunjukkan pada Gambar 5.15.

#	Tanggal	Judul	Isi	Gambar
1	2015-12-15	Hama Kutu Sisik	Serangga penghisap ini mengakibatkan tanaman kehilangan cairan pada daun dan batang yang berdampak terhadap penurunan vigoritas. Serangan yang berat mengakibatkan penguningan dan abnormalitas bentuk d...	img/kutu_sisik.jpg
2	2015-12-15	Hama Tungau	Hama ini menyerang tanaman papaya dengan menghisap cairan sel jaringan daun, buah dan batang. Akibat serangannya daun menampilkan gejala klorotik keperak-perakan, selanjutnya daun akan mengering dan b...	img/hama_tungau.jpg
3	2015-12-15	Hama Kutu Aphids	Serangan berat mengakibatkan tanaman menjadi kerdil dan layu. Daun mengalami nekrosis serta warnanya menjadi tidak normal. Pada bagian yang terserang akan banyak terdapat embun gula di mana semut berg...	img/kutu_aphids.jpg

Gambar 5.15 Tampilan halaman data artikel

13. Tampilan Halaman Data Penyakit dan Solusi Penanganan

Halaman data penyakit dan solusi penanganan merupakan halaman yang hanya dapat diakses oleh pakar dan *knowledge engineer*. Pada halaman ini pakar dan *knowledge engineer* dapat melakukan pengolahan data penyakit dan solusi penanganan berupa tambah, ubah, dan hapus. Tampilan halaman data penyakit dan solusi penanganan ditunjukkan pada Gambar 5.16.

#	Kode Penyakit	Nama Penyakit	Solusi
1	H1	Hama Kutu Sisik	Pengendalian: - Penggunaan parasitoid Comperiella lemniscata, Aphytis melinus dan Encorsia citrina masing-masing dengan tingkat parasitasi sebesar 80% berhasil dilakukan di Queensland. - Penggu...
2	H2	Hama Tungau	Pengendalian: - Pemanfaatan predator tungau famili Phytoseiidae seperti, Neoseiulusfallacis, Phytoseiulus persimilis dan dan famili Aseidae seperti, Asca longiseta serta predator coleoptera Stethor...
3	H3	Hama Kutu Aphids	Pengendalian: - Pemanfaatan cairan mimba tampaknya menunjukkan hasil yang efektif dan efisien untuk mengendalikan hama kutu aphid - Penggunaan entomopathogen jamur Verticillium leconii memun...

Gambar 5.16 Tampilan halaman data penyakit dan solusi penanganan

14. Tampilan Halaman Data Gejala

Halaman data gejala merupakan halaman yang hanya dapat diakses oleh pakar dan *knowledge engineer*. Pada halaman ini pakar dan *knowledge engineer* dapat melakukan pengolahan data gejala berupa tambah, ubah, dan hapus. Tampilan halaman data gejala ditunjukkan pada Gambar 5.17.

Data Gejala

Tambah

#	Kode Gejala	Nama Gejala		
1	G01	Permukaan batang, buah dan daun penuh dengan kutu sisik		
2	G02	Daun, batang dan buah yang terserang menjadi busuk		
3	G03	Serangan pada batang tanaman muda mengakibatkan mati pucuk		
4	G04	Pada daun terdapat keperak-perakan		
5	G05	Daun mengering dan berubah warna menjadi kuning kecoklatan		
6	G06	Pada buah terdapat bercak-bercak keriput		
7	G07	Daun menggulung		

Gambar 5.17 Tampilan halaman data gejala

15. Tampilan Halaman Data Densitas

Halaman data densitas merupakan halaman yang hanya dapat diakses oleh pakar dan *knowledge engineer*. Pada halaman ini pakar dan *knowledge engineer* dapat melakukan pengolahan data densitas berupa tambah, ubah, dan hapus data berupa gejala, penyakit, dan nilai densitas. Kelola data densitas sebagai dasar perhitungan *Dempster-Shafer* dilakukan pada halaman ini. Tampilan halaman data gejala penyakit ditunjukkan pada Gambar 5.18.

Data Densitas

Tambah

#	Kode Penyakit	Nama Penyakit	Kode Gejala	Nama Gejala	Nilai Densitas		
1	H1	Hama Kutu Sisik	G01	Permukaan batang, buah dan daun penuh dengan kutu sisik	1		
2	H1	Hama Kutu Sisik	G02	Daun, batang dan buah yang terserang menjadi busuk	0.75		
3	H1	Hama Kutu Sisik	G03	Serangan pada batang tanaman muda mengakibatkan mati pucuk	0.25		
4	H1	Hama Kutu Sisik	G19	Tanaman Mati	0.1		
5	H1	Hama Kutu Sisik	G20	Batang busuk, daun gugur dan tanaman mati	0.1		
6	H2	Hama Tungau	G09	Daun mengalami nekrotis serta warnanya menjadi tidak normal	0.1		
7	H2	Hama Tungau	G04	Pada daun terdapat keperak-perakan	1		

Gambar 5.18 Tampilan halaman data densitas

16. Tampilan Halaman Data Riwayat Diagnosa

Halaman data riwayat diagnosa merupakan halaman yang hanya dapat diakses oleh pakar dan *knowledge engineer*. Pada halaman ini pakar dan *knowledge engineer* dapat melihat semua riwayat diagnosa tanaman pepaya, namun kelola data yang dapat dilakukan hanya hapus data. Tampilan halaman data riwayat diagnosa ditunjukkan pada Gambar 5.19.



#	Username	Tanggal	Gejala	Penyakit	Solusi
1	fikri	2016-01-12 11:34:50	Permukaan batang, buah dan daun penuh dengan kutu sisik, Daun, batang dan buah yang terserang menjadi busuk, Serangan pada batang tanaman muda mengakibatkan mati pucuk	Hama Kutu Sisik	Pengendalian: - Penggunaan parasitoid Comperiella lemniscata, Aphytis melinus dan Encorsia citrina masing-masing dengan tingkat parasitasi sebesar 80% berhasil dilakukan di Queensland. - Penggunaan predator Coccinellidae, Chilocorus circumdatus (Gyllenhal) dan C. baileyii, berhasil

Gambar 5.19 Tampilan halaman data riwayat diagnosa

17. Tampilan Halaman Data Pengguna

Halaman data pengguna merupakan halaman yang hanya dapat *knowledge engineer*. Pada halaman ini *knowledge engineer* dapat melihat semua data pengguna yang telah terdaftar pada sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya. Pada halaman ini *knowledge engineer* dapat melakukan pengolahan data pengguna berupa tambah, ubah, dan hapus. Tampilan halaman data pengguna ditunjukkan pada Gambar 5.20.

#	Nama	Username	Email	Password	status
1	fikri hakim	fikri	ahsanfikri@gmail.com	Ahsan123	Pengguna
2	Sistem	KE	Ke@gmail.com	123ke	Knowledge Engineer
3	Pakar Pepaya	Pakar	pakarpepaya1@gmail.com	pepaya123	Pakar

Ingin mengetahui hama penyakit tanaman pepaya anda?

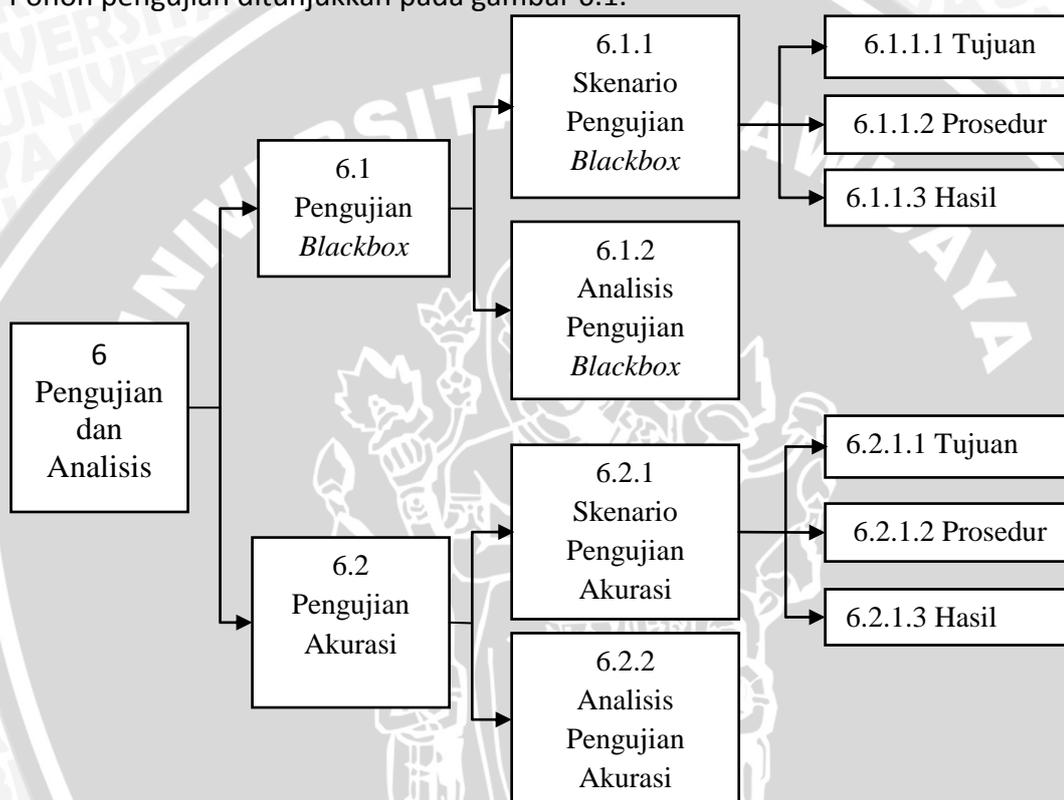
DIAGNOSA SEKARANG

Gambar 5.20 Tampilan halaman data pengguna



BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini membahas mengenai pengujian dan analisis terhadap sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya menggunakan metode *Dempster-Shafer*. Proses pengujian meliputi dua tahap yaitu pengujian *Blackbox* dan pengujian akurasi. Pengujian *Blackbox* digunakan untuk menguji fungsionalitas sistem pakar yang dibangun, sedangkan pengujian akurasi digunakan untuk menguji tingkat akurasi antara perhitungan kasus dari pakar dengan perhitungan kasus yang telah diimplementasikan menjadi sistem pakar. Pohon pengujian ditunjukkan pada gambar 6.1.



Gambar 6.1 Pohon pengujian

6.1 Pengujian *blackbox*

Pada bagian ini akan dijelaskan tentang skenario pengujian *Blackbox* berdasarkan daftar kebutuhan sistem. Pengujian *Blackbox* adalah pengujian yang dilakukan terhadap sistem untuk mengetahui apakah sistem yang dibangun telah sesuai dengan daftar kebutuhan sub bab 4.1.2 Analisa Kebutuhan Masukan. Pengujian *Blackbox* tidak menekankan pada jalannya algoritma sistem, namun lebih kepada menemukan kesesuaian antara hasil kinerja dari sistem pakar yang telah dibangun dengan daftar kebutuhan pengguna. Pengujian ini hanya mengevaluasi hanya dari tampilan luarnya tanpa mengetahui apa yang sesungguhnya terjadi dalam proses detailnya.

6.1.1 Skenario pengujian *blackbox*

Sub bab berikut akan menjelaskan tentang tujuan, prosedur, serta hasil akhir yang diperoleh dari skenario pengujian pertama yang merupakan skenario pengujian *blackbox* atau pengujian fungsionalitas. Pada pengujian *blackbox* ini akan dilakukan pengamatan terhadap cara kerja sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya menggunakan metode *Dempster-Shafer* secara eksternal.

6.1.1.1 Tujuan

Tujuan dari pengujian *blackbox* adalah untuk mengetahui apakah kinerja sistem sudah sesuai dengan kebutuhan pengguna. Dalam pengujian ini juga dapat diketahui apakah fitur-fitur yang terdapat pada sistem sudah dapat berjalan dengan baik dan tidak *error*.

6.1.1.2 Prosedur

Prosedur pengujian *blackbox* ini dilakukan dengan cara membuat kasus uji untuk setiap daftar kebutuhan sistem yang telah ditentukan. Setiap kasus uji daftar kebutuhan sistem akan berisi tentang nama kasus uji yang dilakukan, tujuan pengujian, prosedur pengujian, dan hasil yang diharapkan. Adapun kasus uji yang digunakan untuk pengujian *blackbox* adalah sebagai berikut.

a. Kasus Uji Registrasi Pengguna Umum

Kasus uji registrasi menjelaskan tentang pengujian fungsionalitas proses registrasi seperti yang ditunjukkan pada tabel 6.1.

Tabel 6.1 Penjelasan kasus uji registerasi pengguna umum

Nama Kasus Uji	Kasus Uji Registrasi Pengguna Umum
Tujuan Pengujian	Memastikan bahwa sistem dapat menerima data registrasi berupa nama, <i>username</i> , email, dan <i>password</i> .
Prosedur Pengujian	1. Pengguna masuk ke halaman utama 2. Pengguna menekan memilih menu registrasi 3. Pengguna mengisi data registrasi (nama, <i>username</i> , email, dan <i>password</i>) 4. Pengguna menekan tombol register.
Hasil yang Diharapkan	1. Sistem dapat menyimpan data register pengguna umum ke dalam <i>database</i>

Tabel 6.2 merupakan tabel kasus pengujian fungsionalitas untuk kasus uji registrasi pengguna umum.

Tabel 6.2 Pengujian *blackbox* kasus uji registrasi pengguna umum

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Memasukan data registrasi yang tidak lengkap.	Nama: - Username: (isi) Password: (isi)	Sistem akan menolak dan memberikan peringatan	Sistem menolak dan memberikan peringatan	Valid

2	Memasukan data registrasi lengkap.	Nama: (isi) Username: (isi) Email: (isi) Password: (isi)	Sistem akan menerima dan menyimpan data registrasi ke dalam <i>database</i>	Sistem menerima dan menyimpan data registrasi ke dalam <i>database</i>	Valid
3	Memasukan data registrasi email yang tidak sesuai format.	Nama: (isi) Username: (isi) Email: (1234@123) Password: (isi)	Sistem akan menolak dan memberikan peringatan email tidak valid	Sistem menolak dan memberikan peringatan email tidak valid	Valid

b. Kasus Uji Login

Kasus uji login menjelaskan tentang pengujian fungsionalitas proses login seperti yang ditunjukkan pada tabel 6.3.

Tabel 6.3 Penjelasan kasus uji login

Nama Kasus Uji	Kasus uji Login
Tujuan Pengujian	Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat memenuhi kebutuhan fungsional untuk kebutuhan masuk ke dalam sistem dengan tujuan agar pengguna dapat menggunakan sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya sesuai dengan hak akses yang dimilikinya.
Prosedur Uji	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistem dijalankan ketika program dieksekusi 2. Pengguna akan langsung dihadapkan dengan halaman <i>login</i> 3. Pengguna mengisi <i>username</i> dan <i>password</i> pada kolom yang disediakan 4. Pengguna menekan tombol login.
Hasil yang diharapkan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistem dapat mengakses <i>database</i> sistem 2. Sistem dapat melakukan pemeriksaan data login yang telah dimasukan oleh pengguna 3. Sistem dapat menampilkan pesan peringatan ketika data login yang dimasukan tidak sesuai dengan data login yang tersimpan pada database sistem 4. Sistem dapat menampilkan halaman utama sesuai dengan hak akses masing-masing pengguna.

Tabel 6.4 merupakan tabel kasus pengujian fungsionalitas untuk kasus uji login.

Tabel 6.4 Pengujian *blackbox* kasus uji proses login

No.	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1.	Mengosongkan	Username:	Sistem akan	Sistem dapat	Valid

	semua field, atau salah satu field lalu menekan tombol Login	- Password: -	menolak akses login dan menampilkan "Please fill out this field"	menolak akses login dan menampilkan "Please fill out this field"	
2.	Memasukan dengan salah satu data benar dan salah satu data salah, kemudian menekan tombol Login	Username: (benar) Password: (salah)	Sistem akan menolak akses login dan menampilkan pesan "Username atau password Anda salah!"	Sistem dapat menolak akses login dan menampilkan pesan "Username atau password Anda salah!"	Valid
3.	Memasukan data dengan benar lalu menekan tombol Login	Email: (benar) Password: (benar)	Sistem akan menerima akses login dan menampilkan halaman sesuai hak akses pengguna	Sistem dapat menerima akses login dan menampilkan halaman sesuai hak akses pengguna	Valid

c. Kasus Uji Proses Diagnosa Hama Penyakit Tanaman Pepaya

Kasus uji diagnosa penyakit tanaman pepaya menjelaskan pengujian fungsionalitas sistem untuk mendiagnosa penyakit. Diganosa penyakit tanaman pepaya ini hanya dapat dilakukan oleh pengguna terdaftar, pakar, dan *knowledge engineer* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.5.

Tabel 6.5 Penjelasan kasus uji proses diagnosa penyakit tanaman pepaya

Nama Kasus Uji	Kasus uji diagnosa penyakit tanaman pepaya
Tujuan Pengujian	Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat memenuhi kebutuhan fungsional untuk proses diagnosa penyakit tanaman pepaya. Sistem pakar dapat menerima masukan berupa fakta gejala, mengolah dengan metode <i>Dempster-Shafer</i> , dan memberikan keluaran berupa solusi penanganan.
Prosedur Uji	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengguna dengan hak akses sebagai pengguna terdaftar, pakar, dan <i>knowledge engineer</i> masuk pada halaman diagnosa. 2. Pengguna memilih fakta gejala pada tanaman pepaya yang terkena penyakit 3. Pengguna menekan tombol Diagnosa 4. Sistem memproses masukan pengguna

	5. Sistem memberikan keluaran berupa solusi penanganan
Hasil yang diharapkan	1. Sistem dapat menampilkan hasil diagnosa penyakit apa yang menyerang 2. Sistem dapat menampilkan solusi penanganan berdasarkan penyakit apa yang berhasil didiagnosa.

Tabel 6.6 merupakan tabel kasus pengujian *blackbox* untuk kasus uji diagnosa penyakit tanaman pepaya.

Tabel 6.6 Pengujian *blackbox* kasus uji proses diagnosa penyakit tanaman pepaya

No.	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1.	Masuk ke dalam halaman diagnosa dengan hak akses sebagai pengguna umum, pakar, dan <i>knowledge engineer</i> .	Memilih gejala penyakit	Sistem akan memproses masukan pengguna	Sistem dapat memproses masukan pengguna	Valid
2.	Menerima keluaran sistem	Keluaran sistem pakar	Sistem akan memberikan keluaran berupa diagnosa dan solusi penanganan	Sistem dapat memberikan keluaran berupa diagnosa dan solusi penanganan	Valid

d. Kasus Uji Tambah Data Gejala

Kasus uji tambah gejala menjelaskan tentang pengujian fungsionalitas proses tambah gejala seperti yang ditunjukkan pada tabel 6.7.

Tabel 6.7 Penjelasan kasus uji tambah data gejala

Nama Kasus Uji	Kasus Uji Tambah Data Gejala
Tujuan Pengujian	Memastikan bahwa sistem pakar yang dibangun dapat menerima data gejala baru dan disimpan ke dalam <i>database</i> .
Prosedur Pengujian	1. Pengguna dengan hak akses sebagai pakar dan <i>knowledge engineer</i> melakukan <i>login</i> 2. Pengguna memilih menu data gejala 3. Pengguna menekan tombol tambah data gejala 4. Pengguna memasukan data gejala baru 5. Pengguna menekan tombol simpan
Hasil yang Diharapkan	1. Sistem dapat menampilkan halaman tambah data gejala 2. Sistem dapat menyimpan data gejala baru ke dalam <i>database</i>

Tabel 6.8 merupakan tabel kasus pengujian *blackbox* untuk kasus uji tambah data gejala tanaman pepaya.

Tabel 6.8 Pengujian *blackbox* kasus uji tambah data gejala

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Melakukan <i>login</i> (PA dan KE)	Menekan tombol tambah data gejala	Sistem akan menampilkan halaman tambah data gejala	Sistem dapat menampilkan halaman tambah data gejala	Valid
2	Pengguna mengisi data gejala baru	Menekan tombol simpan	Sistem akan menyimpan data gejala baru ke dalam <i>database</i>	Sistem dapat menyimpan data gejala baru ke dalam <i>database</i>	Valid

e. Kasus Uji Ubah Data Gejala

Kasus uji ubah data gejala menjelaskan tentang pengujian fungsionalitas proses ubah data gejala seperti yang ditunjukkan pada tabel 6.9.

Tabel 6.9 Penjelasan kasus uji ubah data gejala

Nama Kasus Uji	Kasus Uji Ubah Data Gejala
Tujuan Pengujian	Memastikan bahwa sistem dapat mengubah data gejala yang sudah ada dan disimpan ke dalam <i>database</i> .
Prosedur Pengujian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengguna dengan hak akses sebagai pakar dan <i>knowledge engineer</i> melakukan <i>login</i>. 2. Pengguna memilih menu data gejala 3. Pengguna menekan tombol Ubah data gejala 4. Pengguna melakukan perubahan data gejala 5. Pengguna menekan tombol simpan
Hasil yang Diharapkan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistem dapat menampilkan data gejala 2. Sistem dapat menyimpan perubahan data gejala ke dalam <i>database</i>

Skenario pengujian *blackbox* pada kasus uji ubah data gejala ditunjukkan pada tabel 6.10.

Tabel 6.10 Pengujian *blackbox* kasus uji ubah data gejala

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Melakukan <i>login</i> (PA dan KE)	Menekan tombol ubah data gejala	Sistem akan menampilkan data gejala yang akan diubah	Sistem dapat menampilkan data gejala yang akan diubah	Valid
2	Pengguna mengubah data gejala	Menekan tombol simpan	Sistem akan menyimpan data gejala yang	Sistem dapat menyimpan data gejala	Valid

			telah diubah ke dalam <i>database</i>	yang telah diubah ke dalam <i>database</i>	
--	--	--	---------------------------------------	--	--

f. Kasus Uji Hapus Data Gejala

Kasus uji hapus data gejala menjelaskan tentang pengujian fungsionalitas proses hapus data gejala seperti yang ditunjukkan pada tabel 6.11.

Tabel 6.11 Penjelasan kasus uji hapus data gejala

Nama Kasus Uji	Kasus Uji Hapus Data Gejala
Tujuan Pengujian	Memastikan bahwa sistem dapat menghapus data gejala dari <i>database</i> .
Prosedur Pengujian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengguna dengan hak akses sebagai pakar dan <i>knowledge engineer</i> melakukan <i>login</i>. 2. Pengguna memilih menu data gejala 3. Pengguna menekan tombol hapus pada data gejala yang akan dihapus
Hasil yang Diharapkan	1. Sistem dapat menghapus data gejala dari <i>database</i>

Skenario pengujian *blackbox* pada kasus uji hapus data gejala ditunjukkan pada tabel 6.12.

Tabel 6.12 Pengujian *blackbox* kasus uji hapus data gejala

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Melakukan <i>login</i> (PA dan KE)	Menekan tombol hapus data gejala	Sistem akan menghapus data gejala dari <i>database</i>	Sistem menghapus data gejala dari <i>database</i>	Valid

g. Kasus Uji Tambah Data Penyakit dan Solusi Penanganan

Kasus uji tambah data penyakit dan solusi penanganan menjelaskan tentang pengujian fungsionalitas proses tambah data penyakit dan solusi penanganan seperti yang ditunjukkan pada tabel 6.13.

Tabel 6.13 Penjelasan kasus uji tambah data penyakit dan solusi penanganan

Nama Kasus Uji	Kasus Uji Tambah Data Penyakit dan Solusi Penanganan
Tujuan Pengujian	Memastikan bahwa sistem dapat menerima data penyakit dan solusi penanganan baru dan disimpan ke dalam <i>database</i> .
Prosedur Pengujian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengguna dengan hak akses sebagai pakar dan <i>knowledge engineer</i> melakukan <i>login</i>. 2. Pengguna memilih menu data penyakit dan solusi penanganan 3. Pengguna menekan tombol tambah data penyakit dan solusi penanganan 4. Pengguna memasukan data penyakit dan solusi

	<p>penanganan baru</p> <p>5. Pengguna menekan tombol simpan</p>
Hasil yang Diharapkan	<p>1. Sistem dapat menampilkan halaman tambah data penyakit dan solusi penanganan</p> <p>2. Sistem dapat menyimpan data penyakit dan solusi penanganan baru ke dalam <i>database</i></p>

Skenario pengujian *blackbox* pada kasus uji tambah data penyakit dan solusi penanganan ditunjukkan pada tabel 6.14.

Tabel 6.14 Pengujian *blackbox* kasus uji tambah data penyakit dan solusi penanganan

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Melakukan <i>login</i> (PA dan KE)	Menekan tombol tambah data penyakit dan solusi penanganan	Sistem akan menampilkan halaman tambah data penyakit dan solusi penanganan	Sistem dapat menampilkan halaman tambah data penyakit dan solusi penanganan	Valid
2	Pengguna mengisi data penyakit dan solusi penanganan baru	Menekan tombol simpan	Sistem akan menyimpan data penyakit dan solusi penanganan baru ke dalam <i>database</i>	Sistem dapat menyimpan data penyakit dan solusi penanganan baru ke dalam <i>database</i>	Valid

h. Kasus Uji Ubah Data Penyakit dan Solusi Penanganan

Pengujian *blackbox* pada kasus uji ubah data penyakit dan solusi penanganan ditunjukkan pada tabel 6.15.

Tabel 6.15 Penjelasan kasus uji ubah data penyakit dan solusi penanganan

Nama Kasus Uji	Kasus Uji Ubah Data Penyakit dan Solusi Penanganan
Tujuan Pengujian	Memastikan bahwa sistem dapat mengubah data penyakit dan solusi penanganan kemudian disimpan ke dalam <i>database</i> .
Prosedur Pengujian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengguna dengan hak akses sebagai pakar dan <i>knowledge engineer</i> melakukan <i>login</i>. 2. Pengguna memilih menu data penyakit dan solusi penanganan 3. Pengguna menekan tombol ubah data penyakit dan solusi penanganan 4. Pengguna melakukan perubahan data penyakit dan solusi penanganan 5. Pengguna menekan tombol simpan
Hasil yang	1. Sistem dapat menampilkan data penyakit dan

Diharapkan	solusi penanganan 2. Sistem dapat menyimpan perubahan data penyakit dan solusi penanganan ke dalam <i>database</i>
-------------------	---

Skenario pengujian *blackbox* pada kasus uji ubah data penyakit dan solusi penanganan ditunjukkan pada tabel 6.16.

Tabel 6.16 Pengujian *blackbox* kasus uji ubah data penyakit dan solusi penanganan

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Melakukan <i>login</i> (PA dan KE)	Menekan tombol ubah data penyakit dan solusi penanganan	Sistem akan menampilkan data penyakit dan solusi penanganan yang akan diubah	Sistem dapat menampilkan data penyakit dan solusi penanganan yang akan diubah	Valid
2	Pengguna mengubah data penyakit dan solusi penanganan	Menekan tombol simpan	Sistem akan menyimpan data penyakit dan solusi penanganan yang telah diubah ke dalam <i>database</i>	Sistem dapat menyimpan data penyakit dan solusi penanganan yang telah diubah ke dalam <i>database</i>	Valid

i. Kasus Uji Hapus Data Penyakit dan Solusi Penanganan

Pengujian *blackbox* pada kasus uji hapus data penyakit dan solusi penanganan ditunjukkan pada tabel 6.17.

Tabel 6.17 Penjelasan kasus uji hapus data penyakit dan solusi penanganan

Nama Kasus Uji	Kasus Uji Hapus Data Penyakit dan Solusi Penanganan
Tujuan Pengujian	Memastikan bahwa sistem dapat menghapus data Penyakit dan Solusi Penanganan dari <i>database</i> .
Prosedur Pengujian	1. Pengguna dengan hak akses sebagai pakar dan <i>knowledge engineer</i> melakukan <i>login</i> . 2. Pengguna memilih menu data penyakit dan solusi penanganan 3. Pengguna menekan tombol hapus pada data penyakit dan solusi penanganan yang akan dihapus
Hasil yang Diharapkan	4. Sistem dapat menghapus data penyakit dan solusi penanganan dari <i>database</i>

Skenario pengujian *blackbox* pada kasus uji hapus data penyakit dan solusi penanganan ditunjukkan pada tabel 6.18.

Tabel 6.18 Pengujian *blackbox* kasus uji hapus data penyakit dan solusi penanganan

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Melakukan <i>login</i> (PA dan KE)	Menekan tombol hapus data penyakit dan solusi penanganan	Sistem akan menghapus data penyakit dan solusi penanganan dari <i>database</i>	Sistem dapat menghapus data penyakit dan solusi penanganan dari <i>database</i>	Valid

j. Kasus Uji Tambah Data Densitas

Pengujian *blackbox* pada kasus uji tambah data nilai densitas ditunjukkan pada tabel 6.19.

Tabel 6.19 Penjelasan kasus uji tambah data densitas

Nama Kasus Uji	Kasus Uji Tambah Data Densitas
Tujuan Pengujian	Memastikan bahwa sistem dapat menerima data nilai densitas gejala baru kemudian disimpan ke dalam <i>database</i> .
Prosedur Pengujian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengguna dengan hak akses sebagai pakar dan <i>knowledge engineer</i> melakukan <i>login</i>. 2. Pengguna memilih menu data densitas 3. Pengguna menekan tombol tambah data densitas 4. Pengguna memasukkan data gejala, penyakit, dan nilai densitas 5. Pengguna menekan tombol simpan
Hasil yang Diharapkan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistem dapat menampilkan halaman tambah data densitas 2. Sistem dapat menyimpan data densitas baru ke dalam <i>database</i>

Skenario pengujian *blackbox* pada kasus uji tambah data densitas ditunjukkan pada tabel 6.20.

Tabel 6.20 Pengujian *blackbox* kasus uji tambah data densitas

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Melakukan <i>login</i> (PA dan KE)	Menekan tombol tambah	Sistem akan menampilkan halaman tambah data densitas	Sistem dapat menampilkan halaman tambah data densitas	Valid
2	Pengguna mengisi data gejala, penyakit, dan nilai densitas	Menekan tombol simpan	Sistem akan menyimpan data gejala, penyakit, dan nilai densitas ke dalam <i>database</i>	Sistem dapat menyimpan data gejala, penyakit, dan nilai densitas ke dalam <i>database</i>	Valid

- k. Kasus Uji Ubah Data Densitas
 Pengujian *blackbox* pada kasus uji ubah data densitas ditunjukkan pada tabel 6.21.

Tabel 6.21 Penjelasan kasus uji ubah data densitas

Nama Kasus Uji	Kasus Uji Ubah Data Densitas
Tujuan Pengujian	Memastikan bahwa sistem dapat mengubah data densitas kemudian disimpan ke dalam <i>database</i> .
Prosedur Pengujian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengguna dengan hak akses sebagai pakar dan <i>knowledge engineer</i> melakukan <i>login</i>. Pengguna memilih menu data densitas 2. Pengguna menekan tombol <i>edit</i> data densitas 3. Pengguna melakukan perubahan data densitas 4. Pengguna menekan tombol simpan
Hasil yang Diharapkan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistem dapat menampilkan data densitas 2. Sistem dapat menyimpan perubahan data densitas ke dalam <i>database</i>

Skenario pengujian *blackbox* pada kasus uji ubah densitas ditunjukkan pada tabel 6.22.

Tabel 6.22 Pengujian *blackbox* kasus uji ubah data densitas

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Melakukan <i>login</i> (PA dan KE)	Menekan tombol ubah data densitas	Sistem akan menampilkan data densitas yang akan diubah	Sistem dapat menampilkan data densitas yang akan diubah	Valid
2	Pengguna mengubah data densitas, gejala, dan penyakit	Menekan tombol simpan	Sistem akan menyimpan data densitas, gejala, dan penyakit ke dalam <i>database</i>	Sistem dapat menyimpan data densitas, gejala, dan penyakit ke dalam <i>database</i>	Valid

- l. Kasus Uji Hapus Data Densitas
 Pengujian *blackbox* pada kasus uji hapus data densitas ditunjukkan pada tabel 6.23.

Tabel 6.23 Penjelasan kasus uji hapus data densitas

Nama Kasus Uji	Kasus Uji Hapus Data Densitas
Tujuan Pengujian	Memastikan bahwa sistem dapat menghapus data densitas dari <i>database</i> .
Prosedur Pengujian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengguna dengan hak akses sebagai pakar dan <i>knowledge engineer</i> melakukan <i>login</i>. 2. Pengguna memilih menu data densitas 3. Pengguna menekan tombol hapus pada data densitas yang akan dihapus

Hasil yang Diharapkan	1. Sistem dapat menghapus data densitas dari <i>database</i>
------------------------------	--

Skenario pengujian *blackbox* pada kasus uji hapus data densitas ditunjukkan pada tabel 6.24.

Tabel 6.24 Pengujian *blackbox* kasus uji hapus data gejala dan penyakit

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Melakukan <i>login</i> (PA dan KE)	Menekan tombol hapus data densitas	Sistem akan menghapus data densitas dari <i>database</i>	Sistem dapat menghapus data densitas dari <i>database</i>	Valid

m. Kasus Uji Tambah Data Artikel

Pengujian *blackbox* pada kasus uji tambah data artikel ditunjukkan pada tabel 6.25.

Tabel 6.25 Penjelasan kasus uji tambah data artikel

Nama Kasus Uji	Kasus Uji Tambah Data Artikel
Tujuan Pengujian	Memastikan bahwa sistem dapat menerima data artikel baru dan disimpan ke dalam <i>database</i> .
Prosedur Pengujian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengguna dengan hak akses sebagai pakar dan <i>knowledge engineer</i> melakukan <i>login</i>. 2. Pengguna memilih menu data artikel 3. Pengguna menekan tombol tambah data artikel 4. Pengguna memasukan data artikel 5. Pengguna menekan tombol simpan
Hasil yang Diharapkan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistem dapat menampilkan halaman tambah data artikel 2. Sistem dapat menyimpan data artikel baru ke dalam <i>database</i>

Skenario pengujian *blackbox* pada kasus uji tambah artikel ditunjukkan pada tabel 6.26.

Tabel 6.26 Pengujian *blackbox* kasus uji tambah data artikel

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Melakukan <i>login</i> (PA dan KE)	Menekan tombol tambah data artikel	Sistem akan menampilkan halaman tambah data artikel	Sistem dapat menampilkan halaman tambah data artikel	Valid
2	Pengguna mengisi data artikel	Menekan tombol simpan	Sistem akan menyimpan data artikel baru ke dalam <i>database</i>	Sistem dapat menyimpan data artikel baru ke dalam <i>database</i>	Valid

- n. Kasus Uji Ubah Data Artikel
 Pengujian pada kasus uji ubah data artikel ditunjukkan pada tabel 6.27.

Tabel 6.27 Penjelasan kasus uji ubah data artikel

Nama Kasus Uji	Kasus Uji Ubah Data Artikel
Tujuan Pengujian	Memastikan bahwa sistem dapat mengubah data artikel dan disimpan ke dalam <i>database</i> .
Prosedur Pengujian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengguna dengan hak akses sebagai pakar dan <i>knowledge engineer</i> melakukan <i>login</i>. 2. Pengguna memilih menu data artikel 3. Pengguna menekan tombol ubah data artikel 4. Pengguna melakukan perubahan data artikel 5. Pengguna menekan tombol simpan
Hasil yang Diharapkan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistem dapat menampilkan data artikel 2. Sistem dapat menyimpan perubahan data artikel ke dalam <i>database</i>

Skenario pengujian *blackbox* pada kasus uji ubah data artikel ditunjukkan pada tabel 6.28.

Tabel 6.28 Pengujian *blackbox* kasus uji ubah data artikel

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Melakukan <i>login</i> (PA dan KE)	Menekan tombol ubah data artikel	Sistem akan menampilkan data artikel yang akan diubah	Sistem dapat menampilkan data artikel yang akan diubah	Valid
2	Pengguna mengubah data artikel	Menekan tombol simpan	Sistem akan menyimpan data artikel yang telah diubah ke dalam <i>database</i>	Sistem dapat menyimpan data artikel yang telah diubah ke dalam <i>database</i>	Valid

- o. Kasus Uji Hapus Data Artikel
 Pengujian *blackbox* pada kasus uji hapus data artikel ditunjukkan pada tabel 6.29.

Tabel 6.29 Penjelasan kasus uji hapus data artikel

Nama Kasus Uji	Kasus Uji Hapus Data Artikel
Tujuan Pengujian	Memastikan bahwa sistem dapat menghapus data artikel dari <i>database</i> .
Prosedur Pengujian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengguna dengan hak akses sebagai pakar dan <i>knowledge engineer</i> melakukan <i>login</i> 2. Pengguna memilih menu data artikel 3. Pengguna menekan tombol hapus pada artikel yang akan dihapus
Hasil yang Diharapkan	1. Sistem dapat menghapus data artikel dari <i>database</i>

Skenario pengujian *blackbox* pada kasus uji hapus data artikel ditunjukkan pada tabel 6.30.

Tabel 6.30 Pengujian *blackbox* kasus uji hapus data artikel

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Melakukan <i>login</i> (PA dan KE)	Menekan tombol hapus data artikel	Sistem akan menghapus data artikel dari <i>database</i>	Sistem dapat menghapus data artikel dari <i>database</i>	Valid

p. Kasus Uji Menampilkan Riwayat

Pengujian *blackbox* pada kasus uji menampilkan data riwayat ditunjukkan pada tabel 6.31.

Tabel 6.31 Penjelasan kasus uji menampilkan riwayat

Nama Kasus Uji	Kasus Uji Menampilkan Riwayat
Tujuan Pengujian	Memastikan bahwa sistem dapat menampilkan data riwayat diagnose hama penyakit
Prosedur Pengujian	1. Pengguna dengan hak akses sebagai pengguna terdaftar, pakar, dan <i>knowledge engineer</i> melakukan <i>login</i> 2. Pengguna memilih menu riwayat
Hasil yang Diharapkan	1. Sistem dapat menampilkan data riwayat diagnosa

Skenario pengujian *blackbox* pada kasus uji menampilkan data riwayat ditunjukkan pada tabel 6.32.

Tabel 6.32 Pengujian *blackbox* kasus uji tampil data riwayat

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Melakukan <i>login</i> (PU, PA dan KE)	Menekan tombol riwayat	Sistem akan menampilkan data riwayat diagnosa hama penyakit	Sistem dapat menampilkan data riwayat diagnosa hama penyakit	Valid

6.1.1.3 Hasil

Berdasarkan pengujian *blackbox* yang telah dilakukan, terbukti bahwa seluruh kebutuhan fungsional yang telah disusun sebelumnya telah berjalan sesuai dengan hasil yang diharapkan. Hal ini membuktikan bahwa sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan kebutuhan fungsional yang ada.

6.1.2 Analisis pengujian *blackbox*

Pengujian *blackbox* yang telah dilakukan membuktikan bahwa pada tahapan implementasi, fungsionalitas sistem dapat berjalan sesuai dengan daftar kebutuhan fungsional yang telah dibuat sebelumnya. Proses analisa yang dilakukan adalah dengan melihat kesesuaian antara hasil yang diharapkan dan hasil pengujian (hasil yang diperoleh), kesesuaian keduanya memiliki presentase sebesar 100%.

6.2 Pengujian akurasi

Pengujian tingkat akurasi dilakukan untuk mengetahui performa dari sistem pakar diagnosa hama penyakit tanaman pepaya menggunakan metode *Dempster-Shafer*. Pengujian akurasi dilakukan dengan cara membandingkan data hasil diagnosa sistem dengan hasil diagnosa pakar.

6.2.1 Skenario pengujian akurasi

Pengujian akurasi dilakukan menggunakan 25 data uji yang diperoleh dari data kasus penyakit tanaman pepaya. Dari 25 data uji yang ada kemudian dilakukan analisa kesesuaian antara hasil diagnosa sistem dengan hasil diagnosa yang dilakukan pakar. Pengujian ini akan menghasilkan akurasi sistem sebagai ukuran performa sistem pakar yang telah dibuat.

6.2.1.1 Tujuan

Tujuan dari pengujian akurasi adalah untuk mengetahui seberapa banyak kecocokan data antara hasil diagnosa sistem dengan hasil diagnosa pakar. Pakar menetapkan 25 kasus beserta diagnosa penyakit yang nantinya hasil diagnosa tersebut akan dievaluasi dengan hasil keputusan sistem menggunakan metode *Dempster-Shafer*.

6.2.1.2 Prosedur

Prosedur pengujian tingkat akurasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil diagnosa pakar dengan hasil diagnosa sistem. Dalam pengujian ini terdapat 25 data kasus hama penyakit tanaman pepaya beserta dengan diagnosa pakar. Nilai yang digunakan sebagai acuan diperoleh dari wawancara pakar yang terdapat pada lampiran.

6.2.1.3 Hasil

Hasil pengujian akurasi sistem pakar dari 25 data kasus yang telah diuji ditunjukkan pada Tabel 6.33.

Tabel 6.33 Pengujian akurasi hasil diagnosa sistem dengan pakar

Kasus	Gejala yang Diderita	Hasil Diagnosa Pakar	Hasil Diagnosa Sistem	Akurasi Sistem	Keterangan
1.	<ul style="list-style-type: none"> • Daun, batang dan buah yang terserang menjadi busuk (G02) • Serangan pada batang tanaman muda mengakibatkan mati pucuk (G03) • Tanaman Mati (G19) 	Hama Kutu Sisik	Hama Kutu Sisik	1	Hama Kutu Slsik merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini
2.	<ul style="list-style-type: none"> • Daun mongering dan berubah warna menjadi 	Hama Tungau	Hama Tungau	1	Hama Tungau

	<ul style="list-style-type: none"> kuning kecoklatan (G05) Pada buah terdapat bercak-bercak keriput (G06) Daun mengalami nekrotis serta warnanya menjadi tidak normal (G09) 				merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini
3.	<ul style="list-style-type: none"> Terdapat banyak embun gula yang disukai semut (G08) Daun mengalami nekrotis serta warnanya menjadi tidak normal (G09) Tanaman Mati (G19) 	Hama Kutu Aphids	Hama Kutu Aphids	1	Hama Kutu Aphids sebagai nilai tertinggi yang memiliki nilai kepercayaan yang sama sehingga hasil sistem benar
4.	<ul style="list-style-type: none"> Buah berwarna coklat, tidakmenarik, dan terasa pahit bila dimakan (G12) Buah mengeluarkan aroma alkohol (G13) Buah jatuh ketanah (G14) Batang busuk, daun gugur dan tanaman mati (G20) 	Hama Lalat Buah	Hama Lalat Buah	1	Hama Lalat Buah sebagai nilai tertinggi yang memiliki nilai kepercayaan yang sama sehingga hasil sistem benar
5.	<ul style="list-style-type: none"> Akar lateral membusuk, berbau tidak enak. (G16) Tanaman berdaun sedikit (G17) Dekat tangkai buah terdapat miselium berwarna putih seperti beludru (G18) 	Busuk akar dan Pangkal Batang	Busuk akar dan Pangkal Batang	1	Busuk akar dan Pangkal Batang merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini
6.	<ul style="list-style-type: none"> Batang busuk, daun gugur dan tanaman mati (G20) Pada tangkai daun dan 	Layu Bakteri	Layu Bakteri	1	Layu bakteri sebagai nilai tertinggi yang



	batang yang masih hijau terdapat bercak kebasah-basahan (G21) Terdapat bercak-bercak kering yang bentuknya tidak teratur, sepanjang tulang-tulang daun (G22)				memiliki nilai kepercayaan yang sama sehingga hasil sistem benar
7.	<ul style="list-style-type: none"> • Pada daun terdapat bercak kuning, daun seperti terpelintir (G25) • Pada buah bercak seperti cincin (G26) 	Ringspot virus	Ringspot virus	1	Ringspot virus merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini
8.	<ul style="list-style-type: none"> • Pada buah muda terdapat bercak kecil kebasah-basahan. (G28) 	Busuk Buah Antraknose	Busuk Buah Antraknose	1	Busuk buah antraknose merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini
9.	<ul style="list-style-type: none"> • Serangan pada batang tanaman muda mengakibatkan mati pucuk (G03) • Pada daun terdapat keperak-perakan (G05) • Pada buah terdapat bercak-bercak keriput (G06) 	Hama Tungau	Hama Tungau	1	Hama Tungau merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini
10.	<ul style="list-style-type: none"> • Pada buah terdapat bercak-bercak keriput (G06) • Terdapat banyak embun gula yang disukai semut (G08) 	Hama Kutu Aphids	Hama Kutu Aphids	1	Hama Kutu Aphids merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini
11.	<ul style="list-style-type: none"> • Dekat tangkai buah terdapat miselium 	Busuk akar dan Pangkal batang	Busuk akar dan Pangkal batang	1	Busuk akar dan Pangkal

	<p>berwarna putih seperti beludru (G18)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terdapat bercak-bercak kering yang bentuknya tidak teratur, sepanjang tulang-tulang daun (G22) 				batang merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini
12.	<ul style="list-style-type: none"> • Terdapat banyak embun gula yang disukai semut (G08) • Tanaman menjadi kerdil dan layu (G10) • Akar lateral membusuk, berbau tidak enak. (G16) 	Hama Kutu Aphids	Hama Kutu Aphids	1	Hama Kutu Aphids merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini
13.	<ul style="list-style-type: none"> • Akar lateral membusuk, berbau tidak enak. (G16) • Tanaman Mati (G19) • Pada buah becak seperti cincin (G26) 	Busuk akar dan pangkal batang	Busuk akar dan pangkal batang	1	Busuk akar dan pangkal batang merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini
14.	<ul style="list-style-type: none"> • Batang busuk, daun gugur dan tanaman mati (G20) • Tulang-tulang daun muda berwarna kuning transparan (G23) • Terdapat garis-garis hijau gelap dan becak seperti cincin pada tangkai daun dan batang (G24) 	Ringspot virus	Ringspot virus	1	Ringspot virus merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini
15.	<ul style="list-style-type: none"> • Buah berwarna coklat, tidakmenarik, dan terasa pahit bila dimakan (G12) • Buah jatuh ke tanah (G14) • Pada daun terdapat becak kuning, daun seperti terpelintir (G25) 	Hama Lalat Buah	Hama Lalat Buah	1	Hama Lalat Buah merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala

16.	<ul style="list-style-type: none"> • Permukaan batang, buah dan daun penuh dengan kutu sisik (G01) • Buah jatuh ke tanah (G14) • Batang busuk, daun gugur dan tanaman mati (G20) 	Hama Kutu sisik	Hama Kutu sisik	1	ini Hama Kutu Sisik merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini
17.	<ul style="list-style-type: none"> • Buah berwarna coklat, tidak menarik, dan terasa pahit bila dimakan (G12) • Buah jatuh ke tanah (G14) 	Hama Lalat Buah	Hama Lalat Buah	1	Hama Lalat Buah merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini
18.	<ul style="list-style-type: none"> • Tanaman Mati (G19) • Pada tangkai daun dan batang yang masih hijau terdapat bercak kebasah-basahan (G21) • Terdapat bercak-bercak kering yang bentuknya tidak teratur, sepanjang tulang-tulang daun (G22) 	Layu Bakteri	Layu Bakteri	1	Layu Bakteri merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini
19.	<ul style="list-style-type: none"> • Daun, batang dan buah yang terserang menjadi busuk (G02) • Terdapat banyak embun gula yang disukai semut (G08) • Daun mengalami nekrosis serta warnanya menjadi tidak normal (G09) 	Hama Kutu Aphids	Hama Kutu Aphids	1	Hama Kutu Aphids merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini
20.	<ul style="list-style-type: none"> • Tanaman Mati (G19) • Batang busuk, daun gugur dan tanaman mati (20) • Pada buah menjelang matang terdapat bercak-bercak bulat besar 	Busuk Buah Antraknose	Busuk Buah Antraknose	1	Busuk buah antraknose merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan

	kebasah-basahan berwarna coklat kemerahan, mengendap, di tengahnya terdapat spora berwarna jingga (G27)			gejala-gejala ini
21.	<ul style="list-style-type: none"> • Buah jatuh ketanah (G14) 	 <p>Busuk buah antraknose/Hama Lalat Buah</p>	 <p>Busuk buah antraknose/Hama Lalat Buah/Hama Kutu Sisik</p>	0 Busuk buah antraknose, Hama Lalat Buah, dan Hama Kutu Sisik mempunyai nilai kepercayaan yang sama tinggi berdasarkan gejala ini, sehingga diagnosa pakar tidak sesuai dengan diagnosa sistem
22.	<ul style="list-style-type: none"> • Pada buah terdapat bercak-bercak keriput (G06) • Tanaman menjadi kerdil dan layu (G10) • Tanaman berdaun sedikit (G17) 	 <p>Hama Tungau</p>	 <p>Hama Tungau</p>	1 Hama Tungau merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini, sehingga diagnosa pakar sesuai dengan diagnosa sistem.
23.	<ul style="list-style-type: none"> • Daun mengalami nekrosis serta warnanya menjadi tidak normal (G09) • Tulang-tulang daun muda berwarna kuning 	Ringspot Virus	Ringspot Virus	1 Ringspot virus merupakan nilai kepercayaan

	<p>transparan (G23)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pada buah becak seperti cincin (G26) 				<p>tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini</p>
24.	<ul style="list-style-type: none"> • Pada buah terdapat bercak-bercak keriput (G06) • Pada buah yang hampir masak terdapat bintik-bintik hitam bekas tusukan ovipositor lalat buah betina (G11) • Pada buah menjelang matang terdapat becak-becak bulat besar kebasah-basahan berwarna coklat kemerahan, mengendap, di tengahnya terdapat spora berwarna jingga (G27) 	<p>Busuk Buah Antraknose</p>	<p>Busuk Buah Antraknose</p>	<p>1</p>	<p>Busuk buah antraknose merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini</p>
25.	<ul style="list-style-type: none"> • Daun, batang dan buah yang terserang menjadi busuk (G02) • Daun mengering dan berubah warna menjadi kuning kecoklatan (G05) • Daun bawah layu, menguning dan menggantung di sekitar batang sebelum rontok (G15) 	<p>Busuk Akar dan Pangkal Batang</p>	<p>Busuk Akar dan Pangkal Batang</p>	<p>1</p>	<p>Busuk akar dan pangkal batang merupakan nilai kepercayaan tertinggi berdasarkan gejala-gejala ini</p>

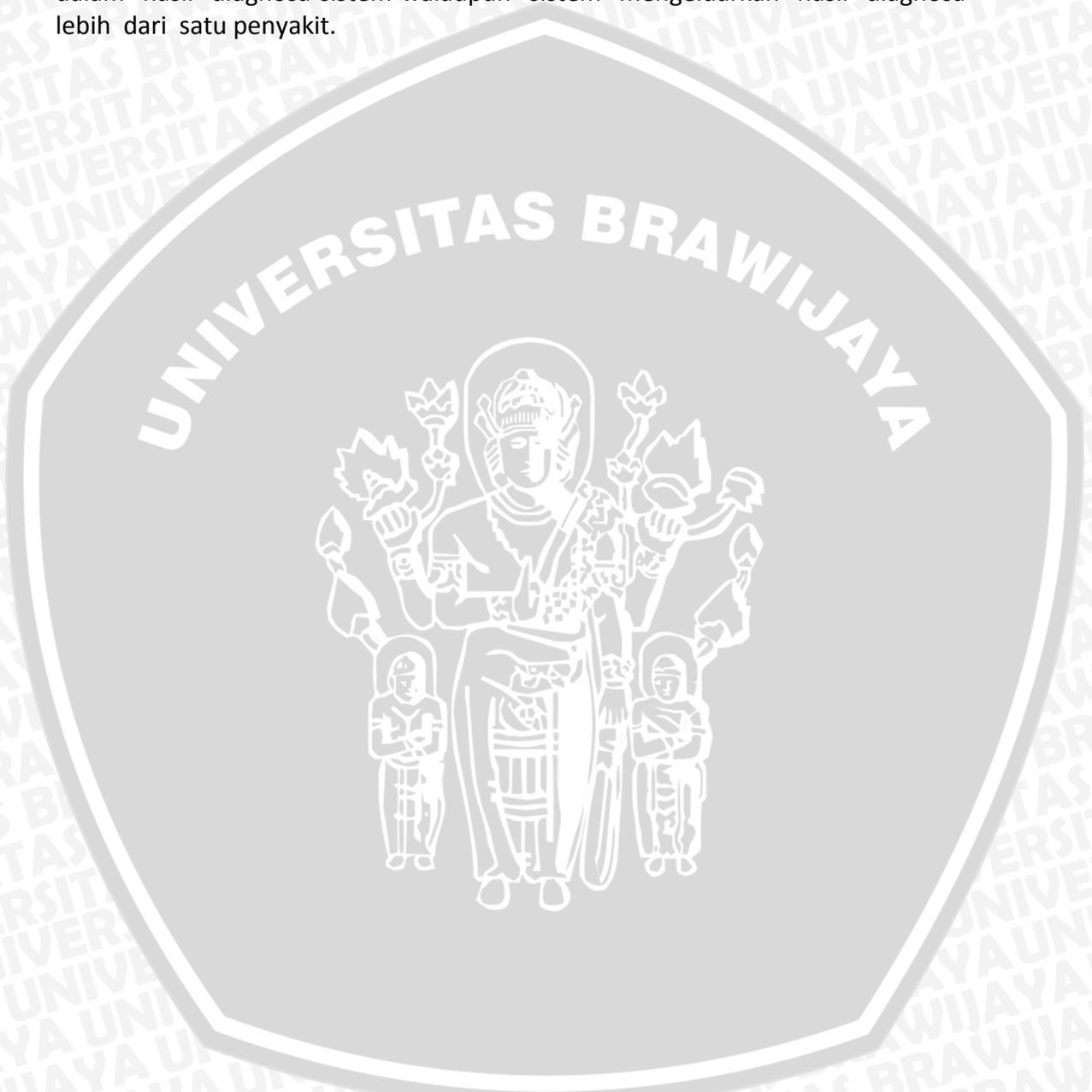
Hasil akurasi bernilai 1 berarti keluaran dari perhitungan sistem sama dengan hasil diagnosa pakar, sebaliknya jika hasil akurasi bernilai 0 artinya keluaran dari diagnosa sistem tidak sama dengan diagnosa pakar. Berdasarkan tabel diatas dilakukan perhitungan akurasi menggunakan persamaan 2.2 dan menghasilkan nilai akurasi sebagai berikut.

$$\text{Nilai akurasi} = \frac{24}{25} \times 100\% = 96\%$$

Dapat disimpulkan bahwa akurasi sistem pakar berdasarkan 25 data yang diuji adalah 96% menunjukkan bahwa sistem pakar ini dapat berfungsi dengan baik yaitu diagnosa sistem sesuai dengan diagnosa pakar.

6.2.2 Analisis pengujian akurasi

Akurasi sistem berdasarkan 25 data uji adalah sebesar 96%. Pengujian ini menggunakan 25 data uji yang di dalamnya tidak terdapat gejala spesifik. Pengujian ini bernilai benar jika hasil diagnosa pakar sama dengan hasil diagnosa sistem. Pengujian ini juga bernilai benar jika hasil diagnosa pakar terdapat di dalam hasil diagnosa sistem walaupun sistem mengeluarkan hasil diagnosa lebih dari satu penyakit.



BAB 7 PENUTUP

Pada bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan berdasarkan tahap perancangan, implementasi, dan pengujian sistem.

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan tahapan perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut.

1. Sistem ini mampu memodelkan sistem pakar untuk mendiagnosa hama penyakit pada tanaman pepaya dengan dilengkapi fitur *login* yang dibedakan menjadi 4 hak akses yaitu pengguna umum, pengguna terdaftar, pakar dan *knowledge engineer* serta pengambilan kesimpulan hama penyakit dihitung menggunakan metode *Dempster-Shafer* dengan memasukkan gejala dari pengguna yang hasil keluarannya berupa hasil diagnosa hama penyakit disertai saran penanganannya.
2. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan:
 - a. Hasil pengujian fungsionalitas sistem pakar diagnosa hama penyakit pada tanaman pepaya dengan metode *Dempster-Shafer* memiliki tingkat presentase sebesar 100%.
 - b. Hasil pengujian akurasi sistem pakar diagnosa hama penyakit pada tanaman pepaya menggunakan metode *Dempster-Shafer* memiliki tingkat presentase sebesar 96%. Akurasi diperoleh dari keberhasilan sistem mendiagnosa 24 kasus uji dengan benar dari 25 kasus uji yang ada. Hal tersebut dikarenakan jika sistem hanya memiliki 1 input maka sistem akan menampilkan semua kemungkinan hasil dari input tersebut tidak hanya kemungkinan terbesar.

7.2 Saran

Saran yang diberikan untuk pengembangan sistem dalam penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

- a. Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem pakar dengan fitur yang lebih lengkap karena hasil dari pengujian akurasi sistem ini berhasil mencapai presentase sebesar 96%.
- b. Pada sistem sebaiknya ditambahkan aturan agar apabila hanya ada 1 inputan maka hanya kemungkinan terbesar yang ditampilkan.

DAFTAR PUSTAKA

Fitria Apriliani Ramdani, Gebi Dwiyantri, Wiwi Siswaningsih, 2013, "Penentuan Aktivitas Antoksidan Buah Pepaya (*Carica Pepaya L*) dan Produk olahannya Berupa Manisan Pepaya".

R, Friska, 2014, " Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Ayam Pedaging Dengan Metode Dempster-Shafer Berbasis Web".

Suprpti, 2005, "Tanaman Pepaya".

Prihatini, Putu Manik 2011. "Metode Ketidak Pastian dan Kesamaran dalam Sistem Pakar". Lontar Komputer, Vol.2, No.1, Hal.29.42.

Kusrini. 2008. "Aplikasi Sistem Pakar". ANDI. Yogyakarta

Dahria, M., Silalahi, R., dan Ramadhan M. 2013. "Sistem pakar Metode Dempster Shafer untuk menentukan jenis gangguan perkembangan pada anak". Jurnal SAINTOKOM, XII,(1),1-10.

Arhami, Muhammad. 2005. *Konsep Dasar Sistem Pakar*. Penerbit Andi. Yogyakarta

Kalsifikasi dan Morfologi tanaman Pepaya
<http://www.petanihebat.com/2013/12/klasifikasi-dan-morfologi-tanaman-pepaya.html>, diakses pada tanggal 01 Oktober 2015.

Bustami., 2013, *Penerapan Algoritma Naive Bayes Untuk Mengklasifikasi Data Nasabah Asuransi*, *TECHSI: Jurnal Penelitian Teknik Informatika*, Vol. 3, No.2, Hal. 127-146.

Maseleno, Andino, dkk. 2012. *Skin Infection Detection using Dempster-Shafer Theory*.

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2006. *Pengenalan dan Pengendalian Hama dan Penyakit Penting Tanaman Pepaya*.

Sulistyohati, Aprilia, Hidayat, Taufik. 2008. *Aplikasi Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Ginjal Dengan Metode Dempster-Shafer*.

Wuryandari, Aryati, Trisnawati, Depi. 2013. *Aplikasi Sistem Pakar Untuk Diagnosa Penyakit Diabetes Melitus Menggunakan Metode Dempster-Shafer*.

Saraswati, Utari, Daryono, Budi Setiadi. 2014. *Karakterisasi Molekular Coat Protein Gene Pepaya Ringspot Virus Pada Tanaman Pepaya (*Carica papaya L.*) Di Indonesia*.

Marlissa, Julius. 2013. *Pemodelan dan Simulasi Sistem*.

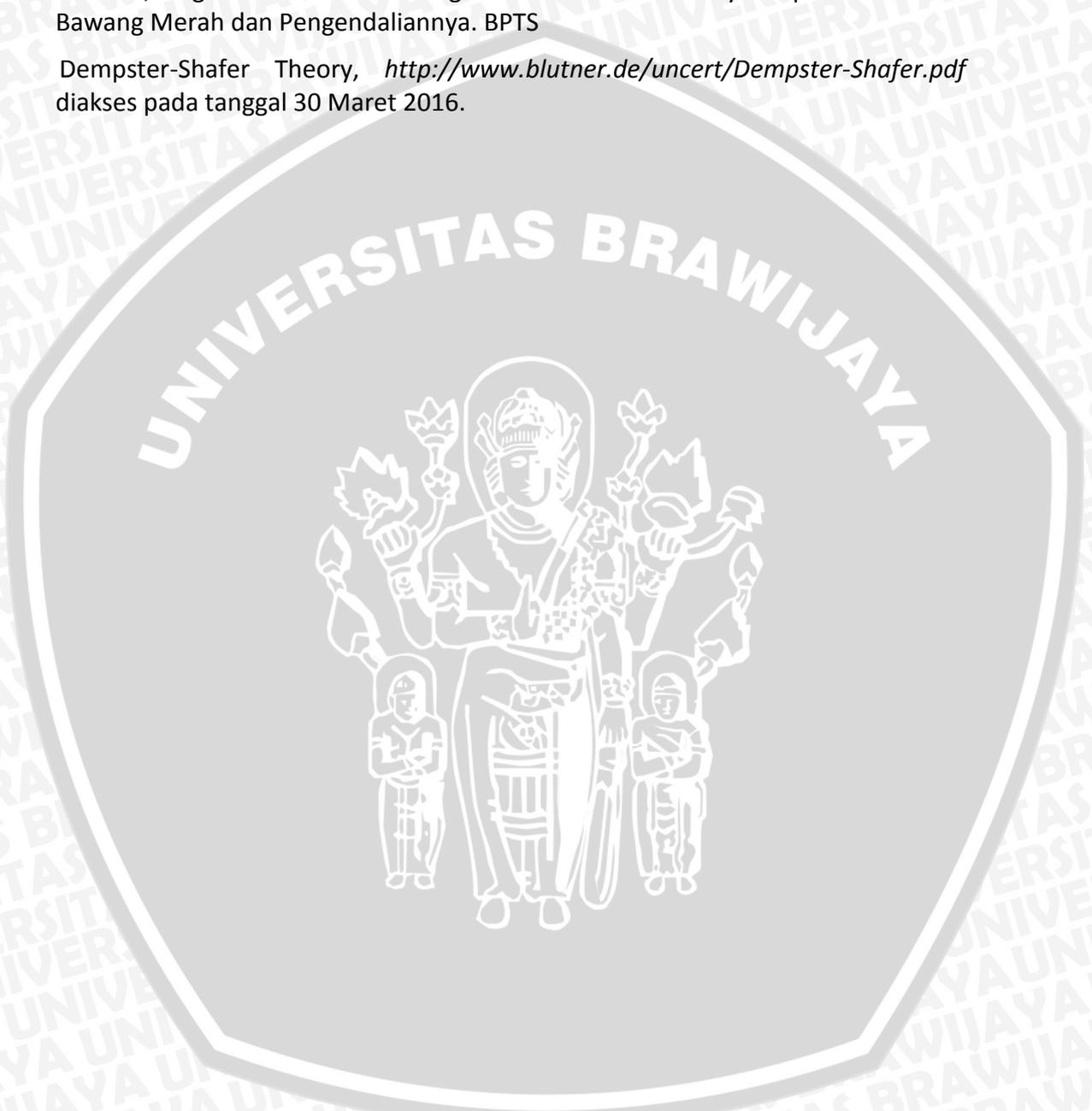
Yuwono, Bambang, Wahyuningsih, Wiwid Puji, Hafsah. 2014. *Sistem Pakar Berbasis Web Untuk Diagnosa Penyakit Pada Tanaman Anggrek Menggunakan Metode Certainty Factor*.

P, Angga Hardika, Soebroto, Arief Andy, Regasari, Rekyan. 2014. *Aplikasi Sistem Pakar Untuk Identifikasi Hama Dan Penyakit Tanaman Tebu Dengan Metode Naïve Bayes Berbasis Web*.

Subagyo, Untung. "Expert System". Bahan Ajar UGM. Yogyakarta

Udiarto, Bagus K dkk. 2005. *Pengenalan Hama dan Penyakit pada Tanaman Bawang Merah dan Pengendaliannya*. BPTS

Dempster-Shafer Theory, <http://www.blutner.de/uncert/Dempster-Shafer.pdf> diakses pada tanggal 30 Maret 2016.



LAMPIRAN 1

HASIL WAWANCARA

Tempat : Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Timur

Tanggal : 29 Februari 2016

Nama Pakar : Prof. Dr. Ir. Moh. Cholil Mahfud, M.S.

No	Pertanyaan	Jawaban Pakar
1	Apakah di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Timur ini terdapat budidaya tanaman pepaya?	Ya, di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Timur ini ada budidaya tanaman pepaya.
2	Apakah tanaman pepaya di BPTP memiliki beberapa kendala seperti serangan hama penyakit?	Ya, terdapat beberapa tanaman kedelai yang terserang hama penyakit.
3	Hama penyakit apa sajakah yang menyerang pada tanaman pepaya?	Banyak, ada hama kutu sisik, hama tungau, hama kutu aphids, hama lalat buah, penyakit ringspot virus, busuk buah antraknose dan sebagainya.
4	Saya ingin meneliti tentang hama penyakit tanaman pepaya untuk di aplikasikan ke dalam sistem pakar, hama penyakit apa sajakah yang terdapat pada tanaman pepaya?	Banyak, tetapi terdapat 4 hama dan 4 penyakit utama pada tanaman pepaya yang dapat menyebabkan kegagalan panen.
5	Apa sajakah parameter yang digunakan untuk mendiagnosa penyakit pada tanaman pepaya?	Parameternya yaitu berdasarkan gejala setiap hama penyakit yang ada pada tanaman pepaya tersebut.

Mengetahui,

Prof. Dr. Ir. Moh. Cholil Mahfud, M.S.

LAMPIRAN 2

DATA ATURAN PENYAKIT TANAMAN PEPAYA

Tempat : Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Timur
 Tanggal : 29 Februari 2016
 Nama Pakar : Prof. Dr. Ir. Moh. Cholil Mahfud, M.S.

Kode	Gejala	Hama/Penyakit
G1	Permukaan batang, buah dan daun penuh dengan kutu sisik.	Kutu sisik.
G2	Daun, batang dan buah yang terserang menjadi busuk.	Kutu sisik, Busuk akar dan pangkal batang.
G3	Serangan pada batang tanaman muda mengakibatkan mati pucuk.	Kutu sisik
G4	Pada daun terdapat keperak-perakan.	Tungau.
G5	Daun mengering dan berubah warna menjadi kuning kecoklatan.	Tungau.
G6	Pada buah terdapat bercak-bercak keriput.	Tungau.
G7	Daun menggulung.	Kutu aphids.
G8	Terdapat banyak embun gula yang disukai semut.	Kutu aphids.
G9	Daun mengalami nekrotis serta warnanya menjadi tidak normal.	Kutu sisik, Tungau, Kutu aphids Ringspot virus.
G10	Tanaman menjadi kerdil dan layu.	Tungau, Kutu aphids, Ringspot virus.
G11	Pada buah yang hampir masak terdapat bintik-bintik hitam bekas tusukan ovipositor lalat buah betina.	Lalat buah
G12	Buah berwarna coklat, tidak menarik, dan terasa pahit bila dimakan.	Lalat buah
G13	Buah mengeluarkan aroma alkohol.	Lalat buah
G14	Buah jatuh ke tanah.	Kutu sisik,

		Lalat buah, Busuk buah antraknose.
G15	Daun bawah layu, menguning dan menggantung di sekitar batang sebelum rontok.	Busuk akar dan pangkal batang.
G16	Akar lateral membusuk, berbau tidak enak.	Busuk akar dan pangkal batang.
G17	Tanaman berdaun sedikit.	Tungau, Busuk akar dan pangkal batang, Ringspot virus.
G18	Dekat tangkai buah terdapat miselium berwarna putih seperti beludru.	Busuk akar dan pangkal batang.
G19	Tanaman Mati.	Kutu sisik, Busuk akar dan pangkal batang, Layu bakteri.
G20	Batang busuk, daun gugur dan tanaman mati.	Kutu sisik, Busuk akar dan pangkal batang, Layu bakteri.
G21	Pada tangkai daun dan batang yang masih hijau terdapat bercak kebasah-basahan.	Layu bakteri.
G22	Terdapat bercak-bercak kering yang bentuknya tidak teratur, sepanjang tulang-tulang daun.	Layu bakteri.
G23	Tulang-tulang daun muda berwarna kuning transparan.	Ringspot virus.
G24	Terdapat garis-garis hijau gelap dan bercak seperti cincin pada tangkai daun dan batang.	Ringspot virus.
G25	Pada daun terdapat bercak kuning, daun seperti terpelintir.	Ringspot virus.
G26	Pada buah bercak seperti cincin.	Ringspot virus.
G27	Pada buah -menjelang matang terdapat becak-becak bulat besar kebasah-basahan berwarna coklat kemerahan, mengendap, di tengahnya terdapat spora berwarna jingga.	Busuk buah antraknose.
G28	Pada buah muda terdapat bercak kecil kebasah-	Busuk buah

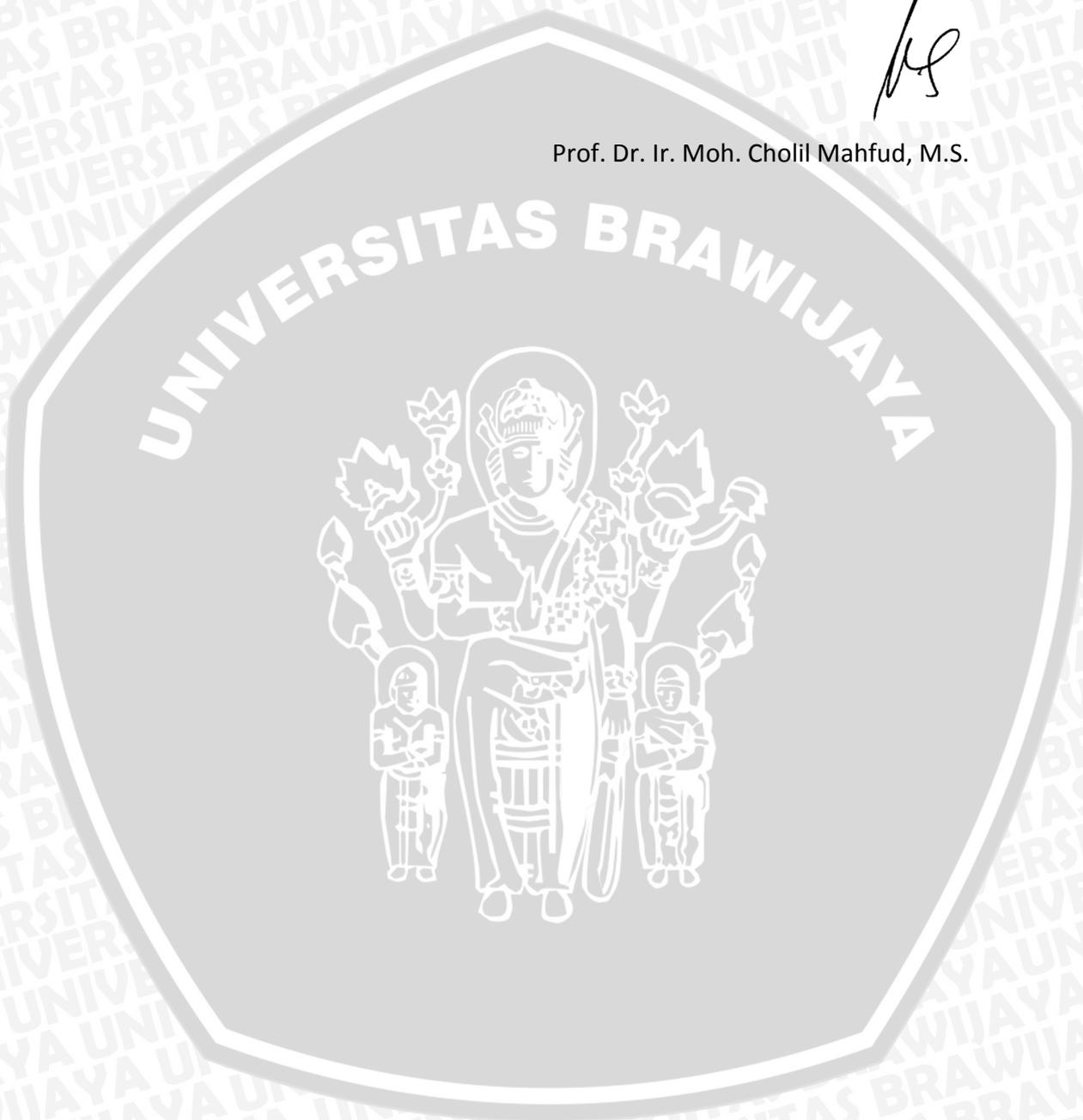
basahan.

antraknose.

Mengetahui,



Prof. Dr. Ir. Moh. Cholil Mahfud, M.S.



LAMPIRAN 3

DATA NILAI BOBOT GEJALA PENYAKIT TANAMAN PEPAYA

Tempat : Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Timur

Tanggal : 29 Februari 2016

Nama Pakar : Prof. Dr. Ir. Moh. Cholil Mahfud, M.S.

No	Gejala	Nilai Densitas Tiap Gejala							
		H1	H2	H3	H4	P1	P2	P3	P4
1	Permukaan batang, buah dan daun penuh dengan kutu sisik	0.9	0	0	0	0	0	0	0
2	Daun, batang dan buah yang terserang menjadi busuk	0.75	0	0	0	0.1	0	0	0
3	Serangan pada batang tanaman muda mengakibatkan mati pucuk	0.25	0	0	0	0	0	0	0
4	Pada daun terdapat keperak-perakan	0	0.9	0	0	0	0	0	0
5	Daun mengering dan berubah warna menjadi kuning kecoklatan	0	0.5	0	0	0	0	0	0
6	Pada buah terdapat bercak-bercak keriput	0	0.5	0	0	0	0	0	0
7	Daun menggulung	0	0	0.9	0	0	0	0	0
8	Terdapat banyak embun gula yang disukai semut	0	0	0.75	0	0	0	0	0
9	Daun mengalami nekrotis serta warnanya menjadi tidak normal	0.25	0.1	0.5	0	0	0	0.25	0

10	Tanaman menjadi kerdil dan layu	0	0.5	0.25	0	0	0	0.75	0
11	Pada buah yang hampir masak terdapat bintik-bintik hitam bekas tusukan ovipositor lalat buah betina	0	0	0	0.75	0	0	0	0
12	Buah berwarna coklat, tidak menarik, dan terasa pahit bila dimakan	0	0	0	0.5	0	0	0	0
13	Buah mengeluarkan aroma alkohol	0	0	0	0,5	0	0	0	0
14	Buah jatuh ke tanah	0.25	0	0	0,5	0	0	0	0.75
15	Daun bawah layu, menguning dan menggantung di sekitar batang sebelum rontok	0	0	0	0	0.9	0	0	0
16	Akar lateral membusuk, berbau tidak enak.	0	0	0	0	0.75	0	0	0
17	Tanaman berdaun sedikit	0	0.1	0	0	0.5	0	0.5	0
18	Dekat tangkai buah terdapat miselium berwarna putih seperti beludru	0	0	0	0	0.5	0	0	0
19	Tanaman Mati	0.75	0	0	0	0.1	0.5	0	0
20	Batang busuk, daun gugur dan tanaman mati	0.1	0	0	0	0.5	0.75	0	0
21	Pada tangkai daun dan batang yang masih hijau terdapat bercak kebasah-basahan	0	0	0	0	0	0.5	0	0
22	Terdapat bercak-bercak kering yang bentuknya tidak	0	0	0	0	0	0.25	0	0

	teratur, sepanjang tulang-tulang daun								
23	Tulang-tulang daun muda berwarna kuning transparan	0	0	0	0	0	0	0.9	0
24	Terdapat garis-garis hijau gelap dan bercak seperti cincin pada tangkai daun dan batang	0	0	0	0	0	0	0.75	0
25	Pada daun terdapat bercak kuning, daun seperti terpelintir	0	0	0	0	0	0	0,5	0
26	Pada buah bercak seperti cincin	0	0	0	0	0	0	0.25	
27	Pada buah menjelang matang terdapat bercak-bercak bulat besar kebasah-basahan berwarna coklat kemerahan, mengendap, di tengahnya terdapat spora berwarna jingga	0	0	0	0	0	0	0	0.9
28	Pada buah muda terdapat bercak kecil kebasah-basahan.	0	0	0	0	0	0	0	0.5

Mengetahui,

Prof. Dr. Ir. Moh. Cholil Mahfud, M.S.

LAMPIRAN 4

DATA KASUS UJI

Tempat : Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Timur

Tanggal : 29 Februari 2016

Nama Pakar : Prof. Dr. Ir. Moh. Cholil Mahfud, M.S.

Kasus	Gejala yang Diderita	Hasil Diagnosa Pakar	Hasil Diagnosa Sistem	Akurasi Sistem
1.	<ul style="list-style-type: none"> • Daun, batang dan buah yang terserang menjadi busuk (G02) • Serangan pada batang tanaman muda mengakibatkan mati pucuk (G03) • Tanama nMati (G19) 	Hama Kutu Sisik	Hama Kutu Sisik	1
2.	<ul style="list-style-type: none"> • Daun mongering dan berubah warna menjadi kuning kecoklatan (G05) • Pada buah terdapat bercak-bercak keriput (G06) • Daun mengalami nekrotis serta warnanya menjadi tidak normal (G09) 	Hama Tungau	Hama Tungau	1
3.	<ul style="list-style-type: none"> • Terdapat banyak embun gula yang disukai semut (G08) • Daun mengalami nekrotis serta warnanya menjadi tidak normal (G09) • Tanaman Mati (G19) 	Hama Kutu Aphids	Hama Kutu Aphids	1
4.	<ul style="list-style-type: none"> • Buah berwarna coklat, tidakmenarik, dan terasa pahit bila dimakan (G12) • Buah mengeluarkan aroma alkohol (G13) • Buah jatuh ketanah (G14) • Batang busuk, daun gugur dan tanaman mati (G20) 	Hama Lalat Buah	Hama Lalat Buah	1
5.	<ul style="list-style-type: none"> • Akar lateral membusuk, berbau tidak enak. (G16) • Tanaman berdaun sedikit 	Busuk akar dan Pangkal Batang	Busuk akar dan Pangkal Batang	1

	(G17) • Dekat tangkai buah terdapat miselium berwarna putih seperti beludru (G18)			
6.	• Batang busuk, daun gugur dan tanaman mati (G20) • Pada tangkai daun dan batang yang masih hijau terdapat bercak kebasah-basahan (G21) Terdapat bercak-bercak kering yang bentuknya tidak teratur, sepanjang tulang-tulang daun (G22)	Layu Bakteri	Layu Bakteri	1
7.	• Pada daun terdapat bercak kuning, daun seperti terpelintir (G25) • Pada buah bercak seperti cincin (G26)	Ringspot virus	Ringspot virus	1
8.	• Pada buah muda terdapat bercak kecil kebasah-basahan. (G28)	Busuk Buah Antraknose	Busuk Buah Antraknose	1
9.	• Serangan pada batang tanaman muda mengakibatkan mati pucuk (G03) • Pada daun terdapat keperak-perakan (G05) • Pada buah terdapat bercak-bercak keriput (G06)	Hama Tungau	Hama Tungau	1
10.	• Pada buah terdapat bercak-bercak keriput (G06) • Terdapat banyak embun gula yang disukai semut (G08)	Hama Kutu Aphids	Hama Kutu Aphids	1
11.	• Dekat tangkai buah terdapat miselium berwarna putih seperti beludru (G18) • Terdapat bercak-bercak kering yang bentuknya tidak teratur, sepanjang	Busuk akar dan Pangkal batang	Busuk akar dan Pangkal batang	1

	tulang-tulang daun (G22)			
12.	<ul style="list-style-type: none"> • Terdapat banyak embun gula yang disukai semut (G08) • Tanaman menjadi kerdil dan layu (G10) • Akar lateral membusuk, berbau tidak enak. (G16) 	Hama Kutu Aphids	Hama Kutu Aphids	1
13.	<ul style="list-style-type: none"> • Akar lateral membusuk, berbau tidak enak. (G16) • Tanaman Mati (G19) • Pada buah becak seperti cincin (G26) 	Busuk akar dan pangkal batang	Busuk akar dan pangkal batang	1
14.	<ul style="list-style-type: none"> • Batang busuk, daun gugur dan tanaman mati (G20) • Tulang-tulang daun muda berwarna kuning transparan (G23) • Terdapat garis-garis hijau gelap dan becak seperti cincin pada tangkai daun dan batang (G24) 	Ringspot virus	Ringspot virus	1
15.	<ul style="list-style-type: none"> • Buah berwarna coklat, tidak menarik, dan terasa pahit bila dimakan (G12) • Buah jatuh ke tanah (G14) • Pada daun terdapat becak kuning, daun seperti terpelintir (G25) 	Hama Lalat Buah	Hama Lalat Buah	1
16.	<ul style="list-style-type: none"> • Permukaan batang, buah dan daun penuh dengan kutu sisik (G01) • Buah jatuh ke tanah (G14) • Batang busuk, daun gugur dan tanaman mati (G20) 	Hama Kutu sisik	Hama Kutu sisik	1
17.	<ul style="list-style-type: none"> • Buah berwarna coklat, tidak menarik, dan terasa pahit bila dimakan (G12) • Buah jatuh ke tanah (G14) 	Hama Lalat Buah	Hama Lalat Buah	1
18.	<ul style="list-style-type: none"> • Tanaman Mati (G19) • Pada tangkai daun dan batang yang masih hijau terdapat bercak kebasah-basahan (G21) • Terdapat bercak-bercak 	Layu Bakteri	Layu Bakteri	1

	kering yang bentuknya tidak teratur, sepanjang tulang-tulang daun (G22)			
19.	<ul style="list-style-type: none"> • Daun, batang dan buah yang terserang menjadi busuk (G02) • Terdapat banyak embun gula yang disukai semut (G08) • Daun mengalami nekrotis serta warnanya menjadi tidak normal (G09) 	Hama Kutu Aphids	Hama Kutu Aphids	1
20.	<ul style="list-style-type: none"> • Tanaman Mati (G19) • Batang busuk, daun gugur dan tanaman mati (20) • Pada buah menjelang matang terdapat becak-becak bulat besar kebasah-basahan berwarna coklat kemerahan, mengendap, di tengahnya terdapat spora berwarna jingga (G27) 	Busuk Buah Antraknose	Busuk Buah Antraknose	1
21.	<ul style="list-style-type: none"> • Buah jatuh ketanah (G14) 	Busuk buah antraknose/Hama Lalat Buah	Busuk buah antraknose/Hama Lalat Buah/Hama Kutu Sisik	0
22.	<ul style="list-style-type: none"> • Pada buah terdapat bercak-bercak keriput (G06) • Tanaman menjadi kerdil dan layu (G10) • Tanaman berdaun sedikit (G17) 	Hama Tungau	Hama Tungau	1
23.	<ul style="list-style-type: none"> • Daun mengalami nekrotis serta warnanya menjadi tidak normal (G09) • Tulang-tulang daun muda berwarna kuning transparan (G23) • Pada buah becak seperti cincin (G26) 	Ringspot Virus	Ringspot Virus	1
24.	<ul style="list-style-type: none"> • Pada buah terdapat bercak-bercak keriput (G06) 	Busuk Buah Antraknose	Busuk Buah Antraknose	1

	<ul style="list-style-type: none"> • Pada buah yang hampir masak terdapat bintik-bintik hitam bekas tusukan ovipositor lalat buah betina (G11) • Pada buah menjelang matang terdapat becak-becak bulat besar kebasah-basahan berwarna coklat kemerahan, mengendap, di tengahnya terdapat spora berwarna jingga (G27) 			
25.	<ul style="list-style-type: none"> • Daun, batang dan buah yang terserang menjadi busuk (G02) • Daun mengering dan berubah warna menjadi kuning kecoklatan (G05) • Daun bawah layu, menguning dan menggantung di sekitar batang sebelum rontok (G15) 	Busuk Akar dan Pangkal Batang	Busuk Akar dan Pangkal Batang	1

Hasil Akurasi : $24/25 \times 100\% = 96\%$

Mengetahui,

Prof. Dr. Ir. Moh. Cholil Mahfud, M.S.

