

**SISTEM PAKAR DIAGNOSIS PENYAKIT PADA TANAMAN KELAPA
SAWIT BERBASIS ANDROID MENGGUNAKAN METODE *FUZZY*
MAMDANI**

(SKRIPSI)

Oleh

**RAHMAD OKTA KHOIRUL
NPM 1717051008**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**SISTEM PAKAR DIAGNOSIS PENYAKIT PADA TANAMAN KELAPA
SAWIT BERBASIS ANDROID MENGGUNAKAN METODE *FUZZY*
MAMDANI**

Oleh

RAHMAD OKTA KHOIRUL

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA ILMU KOMPUTER

Pada

**Jurusan Ilmu Komputer
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

SISTEM PAKAR DIAGNOSIS PENYAKIT PADA TANAMAN KELAPA SAWIT BERBASIS ANDROID MENGGUNAKAN METODE *FUZZY* MAMDANI

Oleh

RAHMAD OKTA KHOIRUL

Kelapa sawit atau dalam bahasa Latin *Elaeis guineensis* Jacq adalah salah satu komoditas hasil perkebunan yang berperan penting bagi perekonomian di Indonesia. Minyak nabati yang dihasilkan banyak dibutuhkan dalam sektor industri untuk bahan baku pembuatan margarin, minyak goreng, lemak khusus, dan sebagainya. Petani kelapa sawit perlu bantuan seorang pakar untuk berkonsultasi dan memberikan informasi mengenai penyakit serta solusi pengendaliannya, tetapi untuk menemui seorang pakar tanaman sawit perlu mengeluarkan biaya, tenaga, dan waktu. Hal ini menunjukkan diperlukannya sistem pakar yang memiliki kemampuan layaknya seorang pakar yang mampu membantu petani kelapa sawit mendiagnosis penyakit dan memberikan solusi pengendaliannya. Metode yang digunakan adalah metode certainty factor untuk mendefinisikan ukuran keyakinan terhadap fakta yang menggambarkan keyakinan seorang pakar terhadap masalah yang sedang dihadapi. Selanjutnya ditarik kesimpulan dengan perhitungan *fuzzy* mamdani. Setelah dilakukan implementasi dan pengujian, sistem pakar diagnosis penyakit pada tanaman kelapa sawit berbasis android menggunakan metode *fuzzy* mamdani memperoleh akurasi sebesar 87%. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem yang dibangun mampu membantu petani serta pemerhati kelapa sawit dalam mendiagnosis penyakit.

Kata Kunci: Kelapa Sawit; Sistem Pakar; *Fuzzy* Mamdani

ABSTRACT

AN EXPERT SYSTEM FOR DIAGNOSIS OF DISEASES IN OIL PALM PLANTS BASED ON ANDROID USING THE FUZZY MAMDANI METHOD

By

RAHMAD OKTA KHOIRUL

Oil palm or *Elaeis guineensis* Jacq is one of the plantation commodities that plays an important role for the economy in Indonesia. The vegetable oil produced is much needed in the industrial sector for raw materials for making margarine, cooking oil, special fats, and so on. Oil palm farmers need the help of an expert to consult and provide information about the disease and its control solutions, but meeting an oil palm expert costs money, effort and time. This shows the need for an expert system that has the ability like an expert who is able to help oil palm farmers diagnose diseases and provide control solutions. The method used is the certainty factor method to define a measure of confidence in facts that describes an expert's belief in the problem at hand. Then conclusions are drawn with fuzzy mamdani calculations. After implementation and testing, the expert system for diagnosing diseases of oil palm plants based on android using the fuzzy mamdani method obtains an accuracy of 87%. Based on these results it can be concluded that the system built is able to help farmers and oil palm observers in diagnosing diseases.

Keywords: Palm oil; Expert system; Fuzzy Mamdani

Judul Skripsi : SISTEM PAKAR DIAGNOSIS PENYAKIT
PADA TANAMAN KELAPA SAWIT
BERBASIS ANDROID MENGGUNAKAN
METODE FUZZY MAMDANI

Nama Mahasiswa : Rahmad Okta Khoirul

Nomor Pokok Mahasiswa : 1717051008

Jurusan : Ilmu Komputer

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

Bambang Hermanto, S.Kom., M.Cs.
NIP. 19790912 200812 1 002

Ir. Albertus Sudirman, M.P
NIP. 19621104 198903 1 002

2. Ketua Jurusan Ilmu Komputer

Didik Kurniawan, S.Si., M.T.
NIP 19800419 200501 1 004

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Bambang Hermanto, S.Kom., M.Cs.....

Penguji

Pembahas I

: Ir. Albertus Sudirman, M.P.....

Penguji

Pembahas II

: Favorisen R. Lumbanraja, Ph.D.....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Sripito Dwi Yuwono, S.Si., M.T.

NIP-19740705 200003 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 07 Desember 2022

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rahmad Okta Khoirul

NPM : 1717051008

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “SISTEM PAKAR DIAGNOSIS PENYAKIT PADA TANAMAN KELAPA SAWIT BERBASIS ANDROID MENGGUNAKAN METODE *FUZZY* MAMDANI” adalah benar hasil karya sendiri dan bukan orang lain. Seluruh tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Jika di kemudian hari terbukti skripsi penulis adalah hasil penjiplakan atau dibuat oleh orang lain, maka penulis bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandar Lampung, 2 Februari 2023

Penulis



Rahmad Okta Khoirul
NPM. 1717051008

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Ngesti Rahayu pada tanggal 3 Oktober 1999. Penulis merupakan anak bungsu dari tiga bersaudara oleh pasangan Bapak Wakijo dan Ibu Waginem. Penulis menempuh pendidikan pertamanya di SDN 3 Ngestirahayu tahun 2006 - 2011, kemudian melanjutkan pendidikannya di SMPN 2 Punggur tahun 2011 - 2014, dan SMAN 1 Punggur tahun 2014 - 2017.

Kemudian pada tahun 2017 penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nilai Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis melakukan beberapa kegiatan antara lain.

1. Menjadi anggota Adapter Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer pada periode 2017/2018.
2. Menjadi anggota pengurus di Bidang MEDINFO Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer (Himakom) pada periode 2017/2018.
3. Melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Teba Pering Raya, Kecamatan Sukau, Kabupaten Lampung Barat pada bulan Januari - Februari 2020 selama 40 hari.
4. Melaksanakan Kerja Praktik Lapangan di Kantor Desa Ngestirahayu, kecamatan Punggur, Lampung Tengah selama 40 hari pada bulan Juni – Juli tahun 2020.

MOTTO

إِنَّ اللَّهَ مَعَ الصَّابِرِينَ

"Sesungguhnya Allah bersama dengan orang-orang yang sabar."

“Apapun yang menjadi takdirmu, akan mencari jalannya menemukanmu.”

(Ali bin Abi Thalib)

“Namun, begitu momen itu tiba padamu, itu momen Ketika kau terpikat pada voli”

(Bokuto Koutaro)

“Ngeluh bahkan nangis pun itu boleh, yang tidak boleh itu menyerah”

(Penulis)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbilalamin

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga telah memberikan petunjuk dan kemudahan dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Shalawat serta salam selalu disanjungkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Aku persembahkan karya ini kepada:

Bapak dan Ibu

Sebagai tanda bakti, hormat, dan terima kasihku kepada ayah dan mamah tercinta yang telah mendidik dan membesarkanku dengan penuh kasih sayang, mendukung disetiap langkah perjalananku, dan mendoakanku untuk meraih kesuksesan dunia dan akhirat. Terima kasih atas semua pengorbanan, perjuangan, dan kasih sayang tiada henti yang telah kalian berikan untukku.

Kakak-kakakku tercinta Murjiyem dan Muji Hariyanti

Terima kasih telah memberikan semangat, dukungan dan do'a, serta kebahagiaan yang kalian berikan untukku.

Seluruh Keluarga Besar, Sahabat, dan Teman-teman yang selalu memberikan semangat dan dukungan.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Alhamdulillahirabbila'lamin, berkat rahmat dan hidayah Allah SWT penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi dengan judul “Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Pada Tanaman Kelapa Sawit Berbasis Android Menggunakan Metode *Fuzzy* Mamdani”. Karya tulis ini ditunjukkan sebagai syarat dalam meraih gelar Sarjana Komputer di Jurusan Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Selama proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan banyak pihak, oleh karena itu dalam penulisan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, membimbing dan memberikan semangat. Secara tertulis penulis mengungkapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis, Ayahanda Wakijo dan Ibunda Waginem. Terima kasih atas semua jerih payah selama membesarkan penulis, merawat, serta mengiringi langkah dengan doa tanpa henti. Kasih sayang dan ucapan terima kasih selalu diberikan untuk kalian.
2. Bapak Bambang Hermanto, S.Kom., M.Cs. sebagai pembimbing pertama yang telah membimbing penulis, mengarahkan, memberikan ide, memberikan kritik dan saran, sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Ir. Albertus Sudirman, M.P. sebagai pembimbing kedua yang telah membimbing penulis, mengarahkan, serta memberikan kritik dan saran, sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Bapak Favorisen R. Lumbanraja, Ph.D sebagai pembahas utama yang telah memberikan masukan yang sangat bermanfaat dalam penulisan dan perbaikan skripsi ini.
5. Bapak Dr. rer. nat. Akmal Junaidi, M.Sc. selaku pembimbing akademik penulis yang telah memberikan bimbingan, masukan, arahan, dan nasihat sehingga penulis dapat menyelesaikan proses belajar.

6. Bapak Didik Kurniawan, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung.
7. Ibu Ade Nora Maela, Kak Zainuddin dan Kak Ardi Novalia yang telah membantu segala urusan administrasi penulis di Jurusan Ilmu Komputer.
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan pengalaman dalam hidup untuk menjadi lebih baik.
9. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, S.Si., M.T. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
10. Kakak-kakakku Murjiyem dan Muji Hariyanti terima kasih atas do'a dan dukungan kalian selama ini sehingga dapat menyelesaikan perkuliahan dengan baik, serta adik jauhku Renata yang sudah membantu menemani dan menyemangati penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
11. Teman-teman Awimbawe dan Grup GH 4646 WIDODO yang senantiasa menemani penulis disaat membutuhkan bantuan dan hiburan.
12. Teman-teman Jurusan Ilmu Komputer Angkatan 2017 yang menjadi keluarga satu angkatan selama menjalankan masa studi di Jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung.

Dalam proses penyusunan skripsi ini terdapat kekurangan yang disebabkan oleh keterbatasan pengalaman dan pengetahuan penulis. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pihak pembaca sebagai pembelajaran untuk penulis. Semoga isi dari skripsi ini dapat manfaat bagi pihak yang membaca.

Bandar Lampung, 2 Februari 2023

Penulis

Rahmad Okta Khoirul
NPM. 1717051008

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penyakit Tanaman Kelapa Sawit.....	4
2.2 Sistem Pakar	14
2.2.1 Definisi Sistem Pakar.....	14
2.2.2 Komponen Sistem Pakar.....	14
2.3 Metode <i>Fuzzy Mamdani</i>	15
2.4 UML (<i>Unified Modeling Language</i>)	27
2.4.1 Pengertian UML.....	27
2.4.2 Tujuan UML	27
2.4.3 Diagram-diagram UML	28
2.5 Android.....	31
III. METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	32
3.2 Alat Pendukung	32
3.2.1 Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	32
3.2.2 Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	33
3.3 Tahapan Penelitian	33
3.3.1 Identifikasi Masalah.....	33

3.3.2	Pengumpulan Data	34
3.3.3	Analisis Kebutuhan.....	34
3.3.4	Perancangan	34
3.3.5	Implementasi.....	34
3.3.6	Pengujian	35
3.3.7	Kesimpulan Dan Saran	37
3.4	Analisis Kebutuhan	37
3.5	Perancangan.....	39
3.5.1	Perancangan <i>User Interface</i> Sistem	39
3.5.2	Perancangan Sistem Pakar	48
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	54
4.1	Implementasi	54
4.1.1	Implementasi Metode Sistem Pakar.....	54
4.1.2	Implementasi <i>User Interface</i>	54
4.2	Pengujian	61
4.2.1	Pengujian Fungsional.....	61
4.2.2	Pengujian Eksternal	63
4.2.3	Pengujian Akurasi.....	71
4.2.4	Analisis Pengujian Akurasi.....	74
V.	PENUTUP.....	76
5.1	Kesimpulan	76
5.2	Saran	76
	DAFTAR PUSTAKA	78
	LAMPIRAN.....	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Penyakit Akar.....	4
2. Busuk Pangkal Batang	5
3. Penyakit Bercak Daun.....	7
4. Busuk Daun.....	8
5. Penyakit Tajuk	10
6. Penyakit <i>Little Leaf</i>	11
7. Busuk Tandan	12
8. Fungsi Keanggotaan Variabel Permintaan.....	17
9. Fungsi Keanggotaan Variabel Persediaan.....	18
10. Fungsi Keanggotaan Variabel Produksi Barang	19
11. Aplikasi Fungsi Implikasi R1	21
12. Aplikasi Fungsi Implikasi R2	21
13. Aplikasi Fungsi Implikasi R3	22
14. Aplikasi Fungsi Implikasi R4	22
15. Ilustrasi Proses Fuzzifikasi.....	25
16. Proses Defuzzifikasi.....	26
17. Tahapan Penelitian	33
18. <i>Usecase</i> Diagram Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Pada Tanaman Kelapa Sawit.....	39
19. <i>Class</i> Diagram Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Pada Tanaman Kelapa Sawit	40
20. <i>Activity</i> Diagram Menu Data Penyakit.....	41
21. <i>Activity</i> Diagram Diagnosis Penyakit	41
22. <i>Activity</i> Diagram Menu Tentang	42
23. <i>Activity</i> Diagram Menu Bantuan.....	42

24. Desain <i>Splash Screen</i>	43
25. Desain Halaman Utama.....	44
26. Desain Halaman Daftar Penyakit	45
27. Desain Halaman Deskripsi Penyakit.....	45
28. Desain Halaman Diagnosis Penyakit	46
29. Desain Halaman Hasil Diagnosis.....	46
30. Desain Halaman Tentang	47
31. Desain Halaman Bantuan.....	48
32. Alur Sistem Metode <i>Fuzzy Mamdani</i>	53
33. Tampilan <i>Splash Screen</i>	55
34. Tampilan Halaman Utama	56
36. Tampilan Halaman Deskripsi.....	57
35. Tampilan Halaman Data Penyakit	57
37. Halaman Diagnosis	58
38. Halaman Hasil Diagnosis	58
39. Halaman Tentang	59
40. Halaman Bantuan	60
41. Grafik Hasil Penilaian Kuisisioner Pernyataan 1	65
42. Grafik Hasil Penilaian Kuisisioner Pernyataan 2	65
43. Grafik Hasil Penilaian Kuisisioner Pernyataan 3	66
44. Grafik Hasil Penilaian Kuisisioner Pernyataan 4	67
45. Grafik Hasil Penilaian Kuisisioner Pernyataan 5	67
46. Grafik Hasil Penilaian Kuisisioner Pernyataan 6	68
47. Grafik Hasil Penilaian Kuisisioner Pernyataan 7	69
48. Grafik Hasil Penilaian Kuisisioner Pernyataan 8	69

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Simbol-Simbol <i>Usecase</i> Diagram	28
2. Simbol <i>Activity</i> Diagram	29
3. <i>Multiplicity</i> Pada <i>Class</i> Diagram	31
4. Pengujian Fungsional Sistem Pakar	35
5. Skenario Pengujian Eksternal	36
6. Presentasi Pengujian Sistem.....	37
7. Daftar Penyakit Tanaman Kepala Sawit	38
8. Data Penyakit Tanaman Kelapa Sawit	49
9. Data Gejala Penyakit Tanaman Kelapa Sawit	49
10. Relasi Nilai Bobot Masing-Masing Gejala Penyakit Pada Tanaman Kelapa Sawit.....	50
11. Hasil Pengujian Fungsional	61
12. Hasil Penilaian Responden Terhadap Sistem Pakar.....	63
13. Pengujian Akurasi	71

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit atau dalam bahasa Latin *Elaeis guineensis* Jacq adalah salah satu komoditas hasil perkebunan yang berperan penting bagi perekonomian di Indonesia. Minyak nabati yang dihasilkan banyak dibutuhkan dalam sektor industri (Badan Pusat Statistik, 2019). Kelapa sawit digunakan untuk bahan baku pembuatan margarin, minyak goreng, lemak khusus, dan sejenis kue dalam industri pangan. Kelapa sawit juga sebagai bahan pembuatan detergen, sabun, kosmetik melalui proses hidrolisis dan bahan bakar mesin *diesel* dalam industri non-pangan (Sunarko, 2014).

Salah satu faktor yang menyebabkan berkurangnya nilai mutu atau bahkan sampai gagal panen kelapa sawit adalah penyakit pada kelapa sawit. Diagnosis perlu dilakukan terhadap penyakit tanaman kelapa sawit dengan cepat dan akurat agar penyakit tersebut tidak menyebar pada tanaman lainnya. Petani kelapa sawit perlu bantuan seorang pakar untuk berkonsultasi dan memberikan informasi mengenai penyakit serta solusi pengendaliannya, tetapi untuk menemui seorang pakar tanaman sawit perlu mengeluarkan biaya, tenaga, dan waktu.

Perlu adanya sistem yang memiliki kemampuan layaknya seorang pakar yang mampu membantu petani kelapa sawit mendiagnosis penyakit dan memberikan solusi pengendaliannya. Metode *fuzzy* digunakan dalam penelitian ini untuk mengatasi keraguan petani antara benar atau salah ketika menentukan penyakit mana yang menyerang tanaman kelapa sawit, karena metode *fuzzy* terdapat derajat keanggotaan dengan nilai antara 0 (nol) dan 1 (satu). Salah satu metode *fuzzy* yang kerap digunakan untuk pembangunan aplikasi adalah *fuzzy*

mamdani karena strukturnya yang sederhana menggunakan operasi *min-max*. Penerapan sistem pakar pada penelitian ini dibuat dengan basis android dengan tujuan agar dapat diakses tanpa memerlukan koneksi internet (*offline*), sehingga memudahkan pengguna khususnya petani kelapa sawit yang berada di daerah terkendala dengan koneksi internet.

Penelitian sebelumnya, yaitu “Rancang Bangun Aplikasi Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Pada Tanaman Kelapa Sawit Menggunakan Metode *Forward Chaining* Berbasis Web” (Nabilla, 2020), penerapan sistem pakar identifikasi penyakit belum praktis dalam penggunaannya karena perlu menggunakan komputer sehingga proses penggunaan sistem pakar kurang efisien. Penelitian terdahulu yang lainnya oleh (Widianto, 2018) berjudul “Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Tanaman Kacang Tanah Menggunakan Metode *Fuzzy* Mamdani Berbasis Android” memperoleh akurasi antara pakar dengan sistem sebesar 90 %. Hal tersebut menunjukkan sistem yang dibangun sudah berjalan sesuai dan memiliki akurasi positif. Berdasarkan penjabaran latar belakang di atas, maka dibangun sebuah sistem pakar diagnosis penyakit pada tanaman kelapa sawit berbasis android menggunakan metode *Fuzzy* Mamdani.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini yaitu bagaimana cara membuat suatu sistem untuk mendiagnosis penyakit pada tanaman kelapa sawit.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini yaitu :

- a. Perancangan sistem pakar menggunakan basis android.
- b. Pada penelitian ini terdapat 7 penyakit dan 29 gejala pada penyakit tanaman kelapa sawit

- c. Diagnosis dalam sistem pakar dengan metode *Certainty Factor* guna menentukan nilai kepercayaan yang diberikan pakar terhadap suatu penyakit, dan metode *Fuzzy Mamdani* untuk mengambil keputusan dalam permasalahan yang tidak pasti.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Membangun sistem yang dapat membantu petani dan pemerhati kelapa sawit.
- b. Membangun sistem pakar diagnosis penyakit pada tanaman kelapa sawit berbasis android dengan metode *Fuzzy Mamdani*.
- c. Memperoleh hasil akurasi dari sistem pakar diagnosis penyakit pada tanaman kelapa sawit berbasis android dengan metode *Fuzzy Mamdani* yang dibangun.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini yaitu :

- a. Mempercepat proses pengambilan keputusan dalam mendiagnosis penyakit pada tanaman kelapa sawit dan solusi pengendaliannya.
- b. Menambah pengetahuan petani dan pemerhati kelapa sawit tentang penyakit yang merusak tanaman kelapa sawit serta cara pengendaliannya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penyakit Tanaman Kelapa Sawit

Kelapa sawit menghasilkan minyak industri, minyak masak, bahan bakar atau biodiesel. Tanaman ini berasal dari Nigeria, Afrika Barat. Merupakan tanaman multifungsi sehingga mampu menggantikan komoditas perkebunan lain (Suwanto dan Yuke, 2010). Namun, penyakit pada tanaman kelapa sawit mempengaruhi hasil produksi tanaman kelapa sawit. Beberapa contoh penyakit yang menginfeksi tanaman sawit adalah sebagai berikut :

1. Penyakit Busuk Akar

Penyakit akar (*blast disease*) penyebabnya yaitu cendawan/jamur *Rhizoctonia lamellifera* dan *Phytium* sp. tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. Penyakit Akar
(Sumber : Tsamara, 2020).

Jamur ini menyebabkan akar tanaman kelapa sawit menjadi busuk karena menyerang sistem perakaran. Akar tanaman yang terinfeksi berhenti berfungsi menyerap unsur hara dan air, sehingga kelapa sawit tumbuh tidak normal, kemudian mati.

a. Gejala

Gejala tanaman yang terserang cendawan *Rhizoctonia lamellifera* dan *Phytium* sp. diantaranya tumbuh tidak normal, berukuran kecil, melemah serta mengalami nekrosis pada daun tanaman (daun hijau menguning). Warna daun berubah (nekrosis) dari ujung daun lalu tidak lama kemudian mati. Penyakit ini menyerang penyemaian, tanaman di semua umur.

b. Pengendalian

Cara untuk mengatasinya adalah dengan menggunakan bibit yang terjamin kualitasnya, media penyemaian yang tidak terinfeksi jamur *Rhizoctonia lamellifera* dan *Phytium* sp., mengkondisikan media tanam ber pH ideal guna mencegah tumbuhnya jamur. Cara lain yang dapat dilakukan, yaitu penyemaian yang baik, memberikan naungan pada bibit saat kemarau, penyiraman yang cukup dan tidak berlebihan, serta melakukan pencegahan dengan memberi fungisida dari awal.

2. Penyakit Busuk Pangkal Batang

Busuk Pangkal Batang penyebabnya yaitu jamur *Ganoderma* (Gambar 2).



Gambar 2. Busuk Pangkal Batang
(Sumber : *Monitoring Oil Palm Tree Health—A Review*, 2019)

Ganoderma boninense merupakan kelompok cendawan busuk putih (*white rot fungi*) yang bersifat lignolitik (Susanto, 2002). Bila dibandingkan dengan kelompok lain, cendawan ini beraktivitas lebih tinggi mendegradasi lignin (serat kayu). Tanaman yang menderita penyakit ini gejalanya tidak selalu terlihat pada pangkal batang, melainkan pada daun tombak yang tidak terbuka.

a. Gejala

Gejala tanaman yang terserang penyakit ini bisa diamati pada mahkota pohon. Memiliki lebih banyak janur (daun yang belum membuka) dibandingkan tanaman normal. Warna daun hijau pucat, daun tua layu, patah pada pelepah dan menggantung di sekitar pohon. Gejala khusus sebelum pembentukan tubuh buah jamur adalah pembusukan di pangkal batang, bagian dalam batang busuk kering, berwarna coklat muda dengan garis-garis gelap tidak beraturan di bagian yang terinfeksi. Garis tersebut merupakan tempat munculnya blendok. Pada bagian pinggir area yang terinfeksi didapati zona berwarna kuning tidak beraturan. Area ini beraroma minyak yang telah difermentasi hasil dari mekanisme perlawanan tanaman terhadap infeksi patogen (Semangun, 2000).

b. Pengendalian

Cara mengatasinya dengan memilih bibit yang sehat dan berkualitas untuk ditanam. Cara lain yang dapat dilakukan yaitu pembersihan lahan sisa pelapukan tunggul kayu, menaburkan dolomit di lubang tanam agar pH tanah naik atau melakukan pengapuran, membongkar dan membakar tunggal sawit yang sebelumnya pernah ditanam. Jika mendapati tanaman terinfeksi, segera dicabut dan dibakar agar tidak menginfeksi tanaman lain, atau dengan pengapuran pada tunggul yang terinfeksi.

3. Penyakit Bercak Daun

Penyakit bercak daun penyebabnya yaitu cendawan patogen yang tergolong dalam *genus Cochiobolus*, *Curvularia*, *Pestalotiopsis* dan *Drechslera*. Penyakit ini disebut juga dengan Hawar Daun *Curvularia*. Penyakit bercak daun tertera pada Gambar 3.



Gambar 3. Penyakit Bercak Daun
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2022).

Penyakit ini menginfeksi sesuai kondisi lingkungan sekitar serta perlakuan agronomi yang dijalankan.

a. Gejala

Gejala yang pertama adalah munculnya bintik-bintik kuning berukuran kecil, di permukaan daun nampak tembus cahaya. Bercak semakin besar, tetap berbentuk bulat, perlahan-lahan berubah menjadi cokelat muda, dan terlihat mengendap di bagian pusat bercak. Warna bercak menjadi cokelat tua dan umumnya dikelilingi oleh lingkaran jingga kekuningan.

Gejala infeksi berat adalah daun tua mengering, menggulung, dan rapuh. Bercak *Curvularia* tampak seperti bercak cokelat tua di atas jaringan yang berwarna cokelat pucat di daun kering. Walaupun tidak

mematikan, namun penyakit ini dapat memperlambat tumbuhnya bibit (Semangun, 2000).

b. Pengendalian

Pengendalian yang dilakukan yaitu penjarangan letak bibit menjadi 90 cm dan penyiraman dikurangi dalam waktu tertentu. Penyiraman sebaiknya dilakukan manual dengan gembor pada permukaan tanah dalam polibek. Pisahkan dan singkirkan daun yang terinfeksi dengan bibit yang bergejala ringan sampai sedang. Kemudian semprotkan fungisida Thibenzol, Captan atau Thiram dengan konsentrasi 0,1 sampai 0,2% tiap 10 hingga 14 hari, bakar daun pangkalan dan memusnahkan bibit yang terinfeksi berat.

4. Penyakit Busuk Daun (*Antraknosa*)

Penyakit *Antraknosa* adalah kumpulan nama untuk daun muda yang terinfeksi. Penyebabnya yaitu 3 genera jamur patogen, yaitu *Glomerella cingulata*, *Melanconium elaeidis* dan *Botryodiplodia* sp. yang tertera pada Gambar 4.



Gambar 4. Busuk Daun
(Sumber : Tsamara, 2020).

Jamur menyebar melalui percikan penyiraman atau hujan, berbarengan dengan butir-butir tanah. Penyakit ini muncul dengan sporadis pada pembibitan utama, terkadang terjadi pada pembibitan sebelumnya (Semangun, 2000).

a. Gejala

Saat tanaman berumur 2 bulan gejala mulai tampak. Terkadang muncul berbarengan dengan gejala *transplanting shock* (stres implantasi). Biasanya terlihat dibagian ujung atau tengah daun, seperti bintik-bintik mengkilat kemudian melebar serta berubah warna kuning dan coklat tua. Jaringan yang terinfeksi kemudian menjadi nekrosis, bercak merambat dengan batas warna kuning antara bercak dengan jaringan sehat. Bercak itu terkadang sejajar dengan tulang daun.

b. Pengendalian

Pengendalian penyakit dilakukan dengan penyiraman yang dikurangi dan menjaga kelembaban dengan memberi naungan saat awal pembibitan. Pengemburan tanah dan pemindahan bibit dilakukan secara hati-hati. Jarak antar bibit sekitar 90 cm. Isolasi dan pemangkasan daun-daun sakit dengan gejala ringan sedang, serta pemberian fungisida Thiram, Ziram, Kaptan atau Triadimenol dengan konsentrasi 0,1 - 0,2% selama 7 - 10 hari atau dengan Thibenzol dengan konsentrasi 0,1% selama siklus 10 sampai 14 hari. Daun dan bibit yang terinfeksi harus dimusnahkan.

5. Penyakit Tajuk (*crown disease*)

Penyakit tajuk merupakan penyakit paling mencolok dan ditemui pada kebun yang belum berbuah. Disebabkan oleh kelebihan *nitrogen* dan kekurangan *magnesium* yang ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Penyakit Tajuk
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2022)

Umumnya penyakit ini menginfeksi kebun yang berumur 1-3 tahun setelah penanaman di lapangan. Setelah itu akan hilang dengan sendirinya, dan tumbuh seperti biasa untuk tanaman selanjutnya. Namun tetap saja tanaman yang terinfeksi akan mengalami pertumbuhan yang lambat. Penyakit ini umumnya terdapat di Indonesia dan Malaysia, yang bahan tanamannya adalah keturunan Deli. Terdapat kurang lebih 10% kebun yang tanamannya terinfeksi penyakit ini di Sumatera Utara (Semangun, 2000).

a. Gejala

Tanaman muda yang terinfeksi ditengah pelepahnya terdapat banyak daun yang membengkok ke bawah. Tidak terdapat anak daun di bagian bengkokan ini atau anak daunnya robek-robek dan kecil. Gejala ini terlihat di bagian janur. Anak-anak daun yang masih terlipat nampak busuk di bagian tengah atau sudut nya. Pertumbuhan tanaman menjadi terlambat, dan akan sembuh dengan sendirinya. Tak jarang tanaman yang pernah terinfeksi dapat kembali terinfeksi namun akan sembuh seterusnya.

b. Pengendalian

Belum ada anjuran untuk mengatasi penyakit ini karena belum diketahui pasti penyebabnya. Biasanya petani tidak menghiraukan penyakit ini, karena akan sembuh dengan sendirinya. Kerugian yang terjadi harus diterima karena terlambatnya tanaman yang terinfeksi untuk tumbuh.

6. Penyakit *Little Leaf*

Penyakit *little leaf* atau sering disebut juga penyakit daun kecil yang tertera pada Gambar 6.



Gambar 6. Penyakit *Little Leaf*
(Sumber : Tsamara,2020).

a. Gejala dan Penyebab Penyakit

Penyakit "*little leaf*" penyebabnya yaitu kurangnya unsur hara Boron, yaitu unsur *micro* yang penting bagi tanaman. *Little leaf* adalah gejala penyakit dengan ciri setelah terinfeksi pohon akan semakin kecil. Oleh karena itu disebut dengan "*little leaf*". Hasil pemeriksaan semua pohon yang menunjukkan gejala penyakit ini dikelompokkan menjadi 2 tingkat sebagai berikut :

- Kerusakan ringan : Ujung daun bengkok, anak daun patah-patah, helai daun koyak, ujung daun melidi, ujung daun seperti ekor ikan dan ujung daun buta.
- Kerusakan berat : Daun-daun seperti tulang ikan Daun kecil, daun pendek/jarang/tumpul, busuk umbat, busuk pucuk.

b. Pengendalian

Pengendalian dilakukan dengan mengikuti program pemupukan tahunan, pemupukan dilakukan menggunakan pupuk *Borate* (Borax) dengan dosis sesuai umur tanaman.

7. Penyakit Busuk Tandan

Penyakit busuk tandan ini merusak bagian tandan buah yang tertera pada Gambar 7.



Gambar 7. Busuk Tandan
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2022)

Penyakit ini penyebabnya yaitu jamur *Marasmius palmivorus sharples*, umumnya ditemui pada bahan mati. Jamur menginfeksi jaringan hidup dan menjadi parasit. Penyebaran jamur melalui spora yang tertiuap angin atau terbawa dalam bahan-bahan organik berupa potongan-potongan miselium (Semangun, 2000).

a. Gejala

Penyakit busuk tandan mulanya berkembang di bagian ujung tandan buah segar (TBS), yaitu di bagian buah yang terjepit antara batang dan pelepah daun di atasnya, umumnya menginfeksi tanaman dengan umur 3-6 tahun. Gejala awalnya adalah terbentuk benang-benang (miselium) berwarna putih mengkilap yang banyak menutupi kulit buah terutama 2-4 bulan antesis. Setelah menginfeksi buah (mesokarp) dan menghasilkan jaringan busuk berwarna coklat muda serta basah, hal ini membuat minyak kelapa sawit yang dihasilkan mengandung asam lemak bebas dengan kadar tinggi. Penyakit ini banyak di temui saat musim hujan yang panjang, bila seluruh tandan telah terserang jamur membentuk tubuh buah (sporofor) yang membentuk jamur payung yang terdiri atas “topi” atau “payung” berwarna putih berdiameter 2,5-75 cm yang ditunjang oleh “batang” dengan panjang 2,5–3,0 cm. Pada permukaan bawah payung akan muncul papan-papan (bilah) seperti insang.

b. Pengendalian

Pengendalian penyakit ini ada dua cara yaitu secara mekanis dan kimia. Secara mekanis dengan mengumpulkan dan membakar tanaman yang terinfeksi, atau dengan memendam ke dalam tanah. Secara kimia menggunakan fungisida yang selektif sehingga tidak mematikan serangga dan kumbang yang membantu penyerbukan. Fungisida yang biasa digunakan adalah *Folatan* dengan konsentrasi 0,2-0,7 % per hektar dengan interval 2 minggu sekali.

2.2 Sistem Pakar

2.2.1 Definisi Sistem Pakar

Sistem pakar merupakan suatu aplikasi komputer dengan tujuan membantu mengambil keputusan atau memecahkan permasalahan di suatu bidang yang spesifik. Sistem ini bekerja menggunakan pengetahuan dan metode analisis yang telah didefinisikan terlebih dahulu oleh pakar yang sesuai dengan bidangnya. Sistem pakar memanfaatkan secara maksimal pengetahuan khusus selayaknya seorang pakar untuk memecahkan masalah (Rika Rosnelly, 2012). Berbeda dengan sistem informasi yang dibangun dengan menggabungkan beragam data dari berbagai sumber, sistem pakar dibangun dengan mengumpulkan dan menyimpan pengetahuan dari satu atau lebih pakar terkait suatu bidang yang cenderung spesifik ke dalam komputer agar dapat digunakan bagi yang memerlukan. Sistem pakar bukan untuk menggantikan kedudukan seorang pakar melainkan memasyarakatkan pengetahuan dan pengalaman seorang pakar tersebut.

2.2.2 Komponen Sistem Pakar

Sebuah sistem pakar dibuat untuk menirukan seorang pakar, sehingga sistem pakar harus mampu melakukan hal-hal yang dikerjakan seorang pakar (Rohman dan Fauzijah, 2008). Untuk melakukan sistem pakar dibutuhkan beberapa komponen penyusun. Komponen yang dibutuhkan yaitu :

- a. **Basis Pengetahuan (*Knowledge Base*)**
Basis pengetahuan adalah inti dari program sistem pakar karena dianggap sebagai representasi pengetahuan (*Knowledge Representation*) dari seorang pakar.
- b. **Basis Data**
Basis data merupakan pengandung semua fakta, baik dari fakta awal sistem digunakan sampai pengambilan keputusan.

c. Mesin Inferensi

Mesin inferensi bertugas menganalisa suatu masalah dan mencari jawaban yang terbaik. Mesin inferensi mulai melacak dengan mencocokkan kaidah dalam basis pengetahuan dengan fakta yang ada dalam basis data.

d. Antar Muka Pengguna (*User Interface*)

Antar muka pengguna bertugas menghubungkan program sistem pakar dengan pengguna. Terjadi dialog antara sistem dengan pengguna dibagian ini.

2.3 Metode *Fuzzy Mamdani*

Metode *Fuzzy Mamdani* satu dari sekian metode *fuzzy* yang sering dipakai dalam berbagai bidang. Diperkenalkan pertama kali oleh Ebrahim Mamdani tahun 1975. Sistem ini sangat cocok untuk input manusia karena manusia seringkali tidak dapat menyediakan input yang tepat dan tepat sasaran ke sistem. Dengan menggunakan logika fuzzy, sistem inferensi Mamdani dapat menangani input yang tidak pasti atau tidak terdefinisi dengan baik, seperti input yang bersifat subjektif atau yang tidak dapat dinyatakan dengan angka-angka yang tepat. Terdapat 4 (empat) langkah memperoleh hasil, yaitu membentuk himpunan *fuzzy*, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan, dan defuzzifikasi (Kusumadewi Purnomo, 2004).

2.3.1 Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Tahap awal yaitu membentuk himpunan *fuzzy* (fuzzifikasi). Fuzzifikasi adalah proses merubah input himpunan tegas (*crisp*) ke dalam himpunan *fuzzy* (Ross, 2010). Berdasarkan tingkat keahasaannya dikelompokkan dalam variabel *fuzzy*. Contohnya, untuk variabel *fuzzy* berat badan himpunanya yaitu kurus, sedang dan gemuk.

Di setiap himpunan fuzzy ditentukan domain dan fungsi keanggotaan, untuk menentukan nilai keanggotaan setiap himpunan *fuzzy* berdasarkan

variabel input berupa bilangan real, dimana nilai anggota berada pada rentang 0 sampai dengan 1.

Fungsi keanggotaan yang dipakai yaitu fungsi keanggotaan trapesium, fungsi keanggotaan segitiga, dan fungsi keanggotaan bahu kiri atau kanan. Dalam fungsi keanggotaan trapesium, terdapat dua titik dari himpunan *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan satu. Jika ada satu titik dalam himpunan *fuzzy* yang nilai keanggotaannya satu, menggunakan fungsi keanggotaan segitiga. Untuk mengawali dan mengakhiri suatu variabel pada daerah *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan bahu kiri atau kanan.

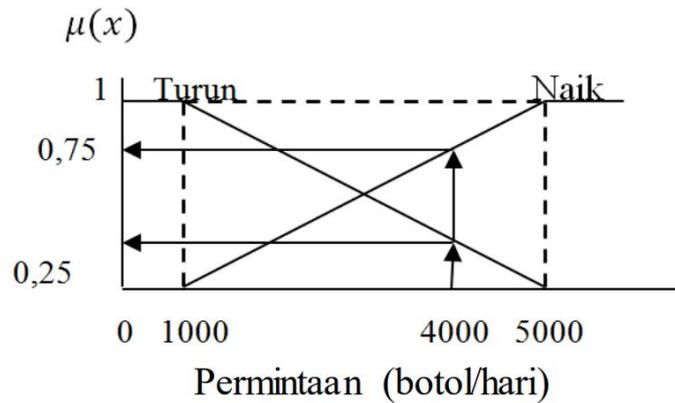
Ilustrasi 2.3.1 :

Misal suatu perusahaan akan memproduksi suatu produk minuman A. Menurut data 1 tahun terakhir, permintaan konsumen terbesar mencapai 5000 botol per hari, dan permintaan konsumen terkecil mencapai 1000 botol per hari. Persediaan barang di gudang penyimpanan terbanyak mencapai 600 botol per hari, dan terkecil mencapai 100 botol per hari. Perusahaan hanya mampu memproduksi maksimum 7000 botol per hari, dan untuk efisiensi mesin dan SDM, perusahaan harus memproduksi setidaknya 2000 botol per hari. Berapa botol minuman A yang harus diproduksi, apabila jumlah permintaan konsumen adalah 4000 botol, dan persediaan gudang masih 300 botol.

Berdasarkan penjelasan ilustrasi 2.3.1, akan diambil keputusan banyaknya botol minuman A yang harus diproduksi. Variabel *fuzzy* yang digunakan adalah permintaan, persediaan dan produksi.

a. Variabel *fuzzy* permintaan

Pada ilustrasi kasus (2.3.1) variabel *fuzzy* permintaan terdiri atas 2 (dua) himpunan *fuzzy*, yaitu naik dan turun yang tertera pada Gambar 8.



Gambar 8. Fungsi Keanggotaan Variabel Permintaan
(Sumber : Nadya Febriany, 2016)

Dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut :

$$\mu_{pmtTurun}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 1000 \\ \frac{5000-x}{4000}; & 1000 \leq x \leq 5000 \\ 0; & x \geq 5000 \end{cases}$$

$$\mu_{pmtNaik}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 1000 \\ \frac{x-1000}{4000}; & 1000 \leq x \leq 5000 \\ 1; & x \geq 5000 \end{cases}$$

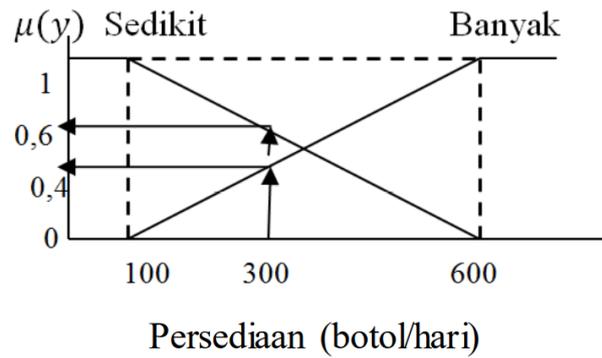
Diketahui bahwa jumlah permintaan konsumen adalah 4000 botol, sehingga didapati nilai keanggotannya adalah :

$$\mu_{pmtTurun}(4000) = \frac{5000 - 4000}{4000} = 0,25$$

$$\mu_{pmtNaik}(4000) = \frac{4000 - 1000}{4000} = 0,75$$

b. Variabel *fuzzy* persediaan

Pada ilustrasi kasus (2.3.1) variabel *fuzzy* permintaan terdiri dari 2 (dua) himpunan *fuzzy*, yaitu banyak dan sedikit seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Fungsi Keanggotaan Variabel Persediaan
(Sumber : Nadya Febriany, 2016)

Dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut :

$$\mu_{pmtSedikit}(x) = \begin{cases} 1 & ; y \leq 1000 \\ \frac{600-y}{500} & ; 1000 \leq y \leq 600 \\ 0 & ; y \geq 600 \end{cases}$$

$$\mu_{pmtBanyak}(x) = \begin{cases} 0 & ; y \leq 1000 \\ \frac{y-100}{500} & ; 100 \leq x \leq 600 \\ 1 & ; y \geq 600 \end{cases}$$

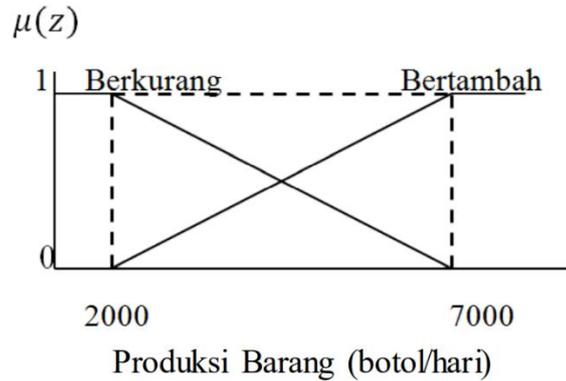
Diketahui permintaan konsumen adalah 400 botol, maka diperoleh nilai keanggotannya adalah :

$$\mu_{pmtSedikit}(300) = \frac{600 - 300}{500} = 0,6$$

$$\mu_{pmtBanyak}(300) = \frac{300 - 100}{500} = 0,4$$

c. Variabel *fuzzy* produksi

Pada ilustrasi kasus (2.3.1) variabel *fuzzy* permintaan terdiri dari 2 (dua) himpunan *fuzzy*, yaitu bertambah dan berkurang seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Fungsi Keanggotaan Variabel Produksi Barang
(Sumber : Nadya Febriany, 2016)

Dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut :

$$\mu_{pmtBerkurang}(x) = \begin{cases} 1; & z \leq 2000 \\ \frac{7000 - z}{5000}; & 2000 \leq z \leq 7000 \\ 0; & z \geq 7000 \end{cases}$$

$$\mu_{pmtBertambah}(x) = \begin{cases} 0; & z \leq 2000 \\ \frac{x - 2000}{5000}; & 2000 \leq z \leq 7000 \\ 1; & z \geq 7000 \end{cases}$$

2.3.2 Aplikasi Fungsi Implikasi

Tahap selanjutnya yaitu penerapan fungsi implikasi. Fungsi implikasi adalah struktur logika yang terdiri atas kumpulan premis dan satu konklusi. Bertujuan mengetahui hubungan antara premis-premis dan konklusinya. Bentuk dari fungsi implikasi yaitu dengan pernyataan *IF x is A THEN y is B*, dengan x dan y adalah skalar, serta A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Menurut Chen & Pham (2001), umumnya aturan *fuzzy* memiliki bentuk,

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2) \text{ AND... AND } x_n \text{ is } A_n) \text{ THEN } y \text{ is } B \quad (2.1)$$

Dimana menentukan banyaknya n dengan melihat banyaknya penggunaan jumlah dari variabel input *fuzzy*. Suatu proposisi ini digunakan untuk

pengambilan keputusan atau menghasilkan *output* dari proposisi yang telah ditentukan.

Setelah proporsisi terbentuk, selanjutnya menentukan nilai keanggotaan berdasarkan aturan *fuzzy* yang telah dibentuk dengan fungsi implikasi *Min*. Pada fungsi implikasi *Min*, digunakan operator *AND* (interseksi).

Menurut Chen & Pham (2001), nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi dua himpunan atau lebih pada fungsi implikasi *Min* didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} a - \text{predikat}_i &= \mu_{A_1[x_1]} \cap \dots \cap \mu_{A_n[x_n]} \\ &= \min(\mu_{A_1[x_1]}, \dots, \mu_{A_n[x_n]}) \end{aligned} \quad 2.2$$

dimana, i adalah aturan *fuzzy* ke- i .

Ilustrasi 2.3.2 :

Berdasarkan ilustrasi kasus 2.3.1, selanjutnya menentukan aplikasi fungsi implikasinya. Ada 4 aturan fungsi implikasi pada Metode *Fuzzy* Mamdani sebagai berikut :

[R1] IF Permintaan Turun AND Persediaan Banyak THEN Produksi Barang Berkurang.

[R2] IF Permintaan Turun AND Persediaan Sedikit THEN Produksi Barang Berkurang.

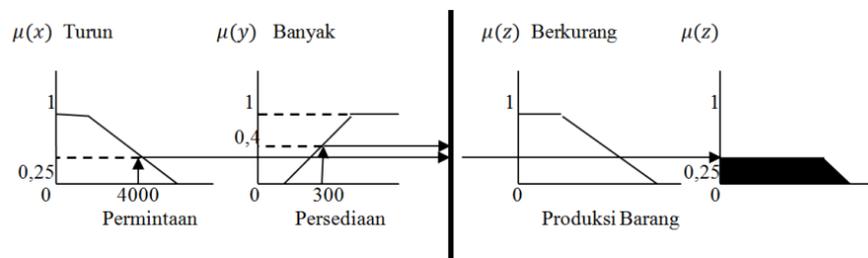
[R3] IF Permintaan Naik AND Persediaan Banyak THEN Produksi Barang Bertambah.

[R4] IF Permintaan Naik AND Persediaan Sedikit THEN Produksi Barang Bertambah.

Selanjutnya menentukan nilai keanggotaan berdasarkan aturan *fuzzy* yang telah dibentuk.

[R1] IF Permintaan Turun AND Persediaan Banyak THEN Produksi Barang Berkurang.

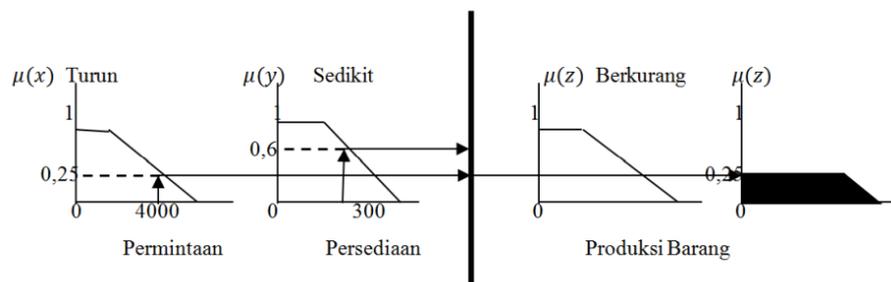
$$\begin{aligned}
 a - \text{predikat}_1 &= \mu_{PmtTurun} \cap \mu_{PsdBanyak} \\
 &= \min(\mu_{PmtTurun}(4000), \mu_{PsdBanyak}(300)) \\
 &= \min(0,25; 0,4) \\
 &= 0,25
 \end{aligned}$$



Gambar 11. Aplikasi Fungsi Implikasi R1
(Sumber : Nadya Febriany, 2016)

[R2] IF Permintaan Turun AND Persediaan Sedikit THEN Produksi Barang Berkurang.

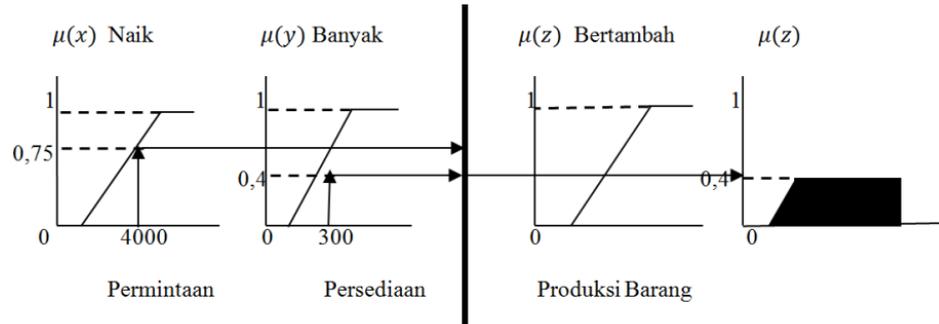
$$\begin{aligned}
 a - \text{predikat}_2 &= \mu_{PmtTurun} \cap \mu_{PsdSedikit} \\
 &= \min(\mu_{PmtTurun}(4000), \mu_{PsdSedikit}(300)) \\
 &= \min(0,25; 0,6) \\
 &= 0,25
 \end{aligned}$$



Gambar 12. Aplikasi Fungsi Implikasi R2
(Sumber : Nadya Febriany, 2016)

[R3] IF Permintaan Naik AND Persediaan Banyak THEN Produksi Barang Bertambah.

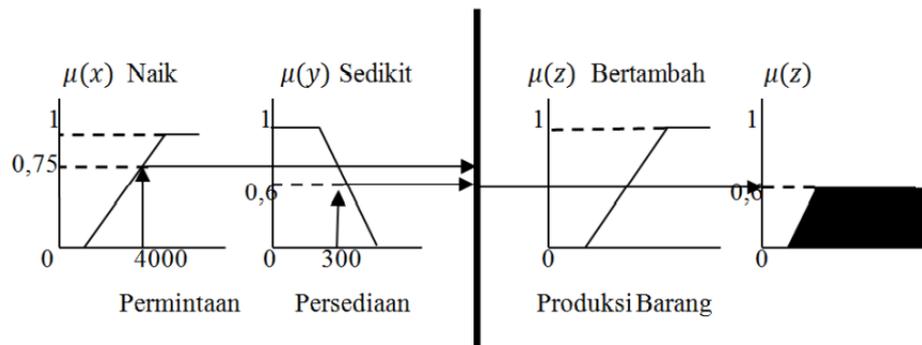
$$\begin{aligned}
 a - \text{predikat}_3 &= \mu_{PmtNaik} \cap \mu_{PsdBanyak} \\
 &= \min(\mu_{PmtNaik}(4000), \mu_{PsdBanyak}(300)) \\
 &= \min(0,75; 0,4) \\
 &= 0,4
 \end{aligned}$$



Gambar 13. Aplikasi Fungsi Implikasi R3
(Sumber : Nadya Febriany, 2016)

[R4] IF Permintaan Naik AND Persediaan Sedikit THEN Produksi Barang Bertambah.

$$\begin{aligned}
 a - \text{predikat}_4 &= \mu_{PmtNaik} \cap \mu_{PsdSedikit} \\
 &= \min(\mu_{PmtNaik}(4000), \mu_{PsdSedikit}(300)) \\
 &= \min(0,75; 0,6) \\
 &= 0,6
 \end{aligned}$$



Gambar 14. Aplikasi Fungsi Implikasi R4
(Sumber : Nadya Febriany, 2016)

2.3.3 Komposisi Aturan

Tahap ketiga adalah komposisi aturan yaitu menentukan inferensi dari kumpulan dan korelasi antar aturan menggunakan metode *Max*, atau prosedur menggabungkan fungsi keanggotaan dari aturan aplikasi fungsi implikasi (Ade Lahsasna, 2010). Solusi himpunan *fuzzy* didapat dengan mengambil nilai maksimum aturan, lalu menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan diaplikasikan dalam output (keputusan akhir) menggunakan operator OR (*union*).

Menurut Ade Lahsasna (2010), penggabungan fungsi keanggotaan menggunakan Metode *Max* digunakan perumusan:

$$\mu_{sf}(x_i) = \max \left(\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i) \right) \quad 2.3$$

Dengan :

$\mu_{sf}(x_i)$ menyatakan nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i,
 $\mu_{kf}(x_i)$ menyatakan nilai keanggotaan konsekuensi *fuzzy* aturan ke-i.

Ilustrasi 2.3.3 :

Berdasarkan ilustrasi kasus 2.3.1 dan ilustrasi kasus 2.3.2, tahap selanjutnya yaitu menentukan komposisi aturannya.

$$\begin{aligned} \mu_{sf}(x) &= \max \left(\mu_{ProBerkurang}(x), \mu_{ProBertambah}(x) \right) \\ &= \max (0,25;0,6) \end{aligned}$$

Pada saat $\mu_{ProBerkurang}(z) = 0,25$, nilai z ditentukan sebagai berikut :

$$0,25 = \frac{(z - 2000)}{5000}$$

$$1250 = z - 2000$$

$$z = 3250$$

Saat $\mu_{ProBertambah}(z) = 0,6$, nilai z dapat ditentukan sebagai berikut :

$$0,6 = \frac{(z - 2000)}{5000}$$

$$3000 = z - 2000$$

$$z = 5000$$

Dengan demikian, fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi ini adalah :

$$\mu(z) = \begin{cases} 0,25 ; z \leq 2000 \\ \frac{z-2000}{5000} ; 2000 \leq z \leq 5000 \\ 0,6 ; z \geq 5000 \end{cases}$$

2.3.4 Defuzzifikasi

Tahap terakhir adalah proses defuzzifikasi. Proses ini bertujuan menafsirkan nilai keanggotaan *fuzzy* menjadi keputusan tertentu atau bilangan *real* (Bova, 2010). Artinya mengembalikan nilai besaran *fuzzy* menjadi nilai *crisp* (bilangan *real*), dan mengubah *fuzzy* output menjadi nilai *crisp* berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan.

Input dari langkah defuzzifikasi adalah himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan *fuzzy*, dan outputnya berupa suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy*. Maka dari itu, jika suatu himpunan *fuzzy* dalam suatu range tertentu, sehingga harus diperoleh suatu nilai *crisp* (bilangan *real*) tertentu sebagai hasil keputusannya. Metode yang dipergunakan dalam proses ini yaitu Metode *Centroid* (titik pusat). Metode ini memperhatikan kondisi setiap daerah *fuzzynya*, sehingga hasilnya lebih akurat (Salman, 2010). Metode *centroid* adalah dimana semua daerah *fuzzy* dari hasil komposisi aturan digabungkan agar terbentuk hasil yang optimal dan mengambil titik pusat daerah *fuzzy*.

Menurut Ross (2010), menentukan titik pusat daerah *fuzzy* menggunakan perumusan :

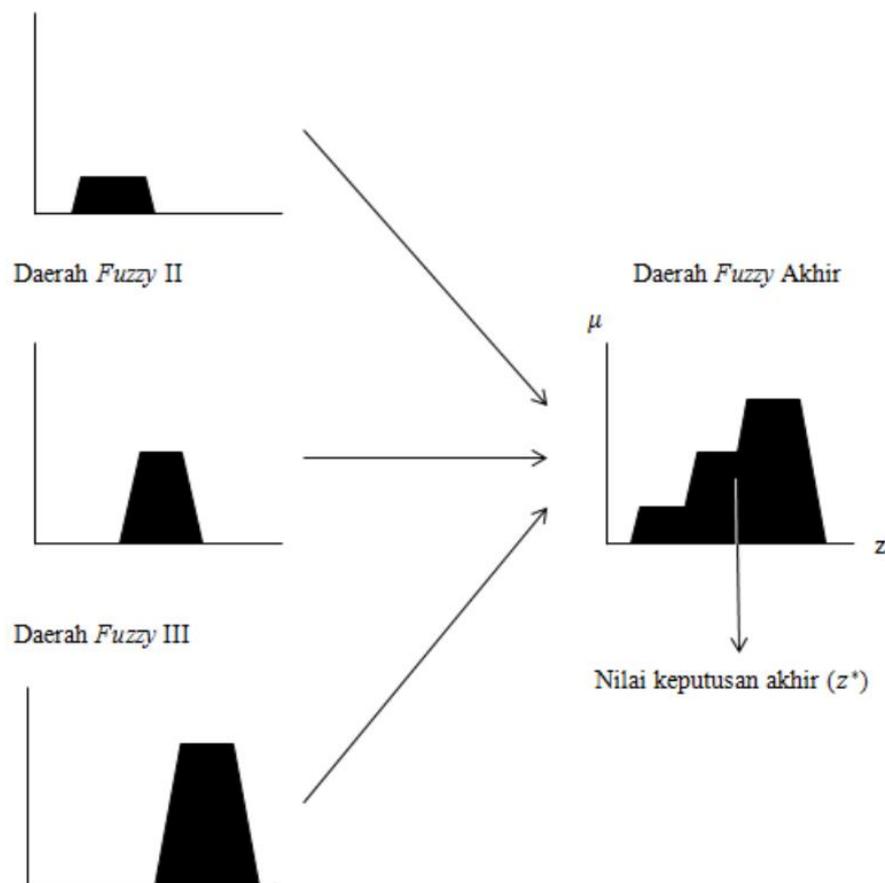
$$z^* = \frac{\int_z \mu(z)z dz}{\int_z \mu(z) dz} \quad 2.4$$

dengan z^* menyatakan nilai hasil defuzzifikasi titik pusat daerah *fuzzy*, $\mu(z)$ menyatakan nilai keanggotaan, dan $\int_z \mu(z)z dz$ menyatakan momen untuk semua daerah hasil komposisi aturan.

Luas untuk setiap daerah hasil komposisi aturan diperoleh dengan mencari luas berdasarkan bentuk dari masing-masing daerah hasil komposisi aturannya, atau dapat pula dengan menggunakan integral, yaitu $\int_z \mu(z) dz$. Nilai dari z^* merupakan nilai hasil dari proses defuzzifikasi, nilai ini adalah hasil dari keputusan akhir, dan disesuaikan dengan variabel linguistik dari himpunan *fuzzy* yang telah ditentukan pada proses awal, yaitu pembentukan himpunan *fuzzy*.

Ilustrasi Proses Defuzzifikasi:

Seumpama ada tiga daerah *fuzzy* dari hasil proses komposisi aturan, yaitu Daerah *Fuzzy* I, Daerah *Fuzzy* II, dan Daerah *Fuzzy* III. Ketiganya digabungkan untuk proses defuzzifikasi agar menghasilkan nilai dari keputusan akhir, sebagai berikut :

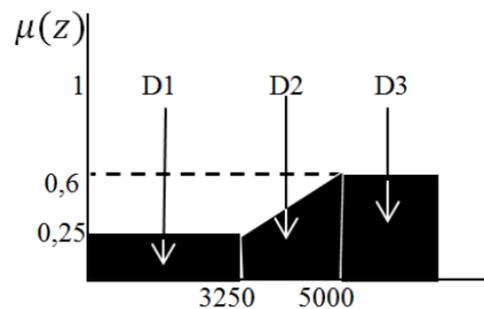


Gambar 15. Ilustrasi Proses Fuzzifikasi
(Sumber : Nadya Febriany, 2016)

Ilustrasi 2.3.4 :

Berdasarkan ilustrasi kasus 2.3.1, ilustrasi kasus 2.3.2 dan ilustrasi kasus 2.3.3, selanjutnya akan dilakukan proses defuzzifikasi.

Mencari nilai *crisp* z dengan membagi daerah menjadi 3 bagian, yaitu D1, D2, dan D3, dengan luas masing-masing adalah A1, A2, dan A3, serta momen terhadap nilai keanggotaan masing-masing adalah M1, M2, dan M3, seperti pada Gambar 16.



Gambar 16. Proses Defuzzifikasi
(Sumber : Nadya Febriany, 2016)

Proses penentuan momen untuk setiap daerah.

a. Untuk Momen 1,

$$M1 = \int_0^{3250} (0,25)z \, dz = 0,125 \left| \frac{z^2}{2} \right|_0^{3250} = 1320312,5$$

b. Untuk Momen 2,

$$\begin{aligned} M2 &= \int_{3250}^{5000} \frac{(z - 2000)}{5000} \cdot z \, dz = \int_{3250}^{5000} (0,0002z^2 - 0,4z) \cdot z \, dz \\ &= 0,000067z^3 - 0,2z^2 \left| \frac{z^3}{3} - 0,2z^2 \right|_{3250}^{5000} \\ &= 3187515,625 \end{aligned}$$

c. Untuk Momen 3,

$$M3 = \int_{5000}^{7000} (0,6)z \, dz = 0,3 z^2 \left| \frac{z^2}{2} \right|_{5000}^{7000} = 7200000$$

Proses penentuan luas untuk setiap daerah,

- a. Untuk luas 1,

$$A1 = 3250 * 0,25 = 812,5$$

- b. Untuk luas 2,

$$A2 = \frac{(0,25 + 0,6) * (5000 - 3250)}{2} = 743,75$$

- c. Untuk luas 3,

$$A3 = (7000 - 5000) * 0,6 = 1200$$

Dari perhitungan tersebut didapati titik pusat dari daerah *fuzzy* yaitu:

$$z = \frac{1320312,5 + 3187515,625 + 7200000}{812,5 + 743,75 + 1200} = 4247,74 \approx 4248$$

Jadi, jumlah botol minuman A yang harus diproduksi adalah sebanyak 4248 botol.

2.4 UML (*Unified Modeling Language*)

2.4.1 Pengertian UML

Dibutuhkan peralatan pendukung untuk membantu memudahkan proses perancangan program aplikasi. Menurut Nugroho (2010) UML (*Unified Modelling Language*) adalah bahasa pemodelan untuk sistem atau perangkat lunak yang berparadigma berorientasi objek. Pemodelan digunakan untuk penyederhanaan permasalahan yang kompleks menjadi lebih mudah dipahami.

2.4.2 Tujuan UML

Perancangan UML bertujuan untuk :

- Menyediakan bahasa pemodelan visual yang ekspresif dan siap pakai untuk mengembangkan dan pertukaran model-model yang berarti.
- Menyediakan mekanisme perluasan dan spesialisasi untuk memperluas konsep-konsep ini.

- c. Mendukung spesifikasi independen bahasa pemrograman dan proses pengembangan tertentu.
- d. Menyediakan basis formal untuk pemahaman bahasa pemodelan.
- e. Mendorong pertumbuhan pasar kakas berorientasi objek.
- f. Mendukung konsep-konsep pengembangan level lebih tinggi seperti komponen, kolaborasi, framework dan pola.

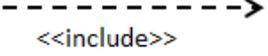
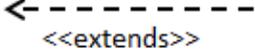
2.4.3 Diagram-diagram UML

a. *Usecase* Diagram

Usecase diagram menggambarkan fungsi tertentu dalam suatu sistem berupa komponen, kejadian atau kelas. Dengan kata lain *Usecase* Diagram adalah urutan langkah-langkah yang saling berhubungan (skenario), secara manual maupun otomatis. Bertujuan untuk melengkapi satu tugas bisnis tunggal. Simbol-simbol yang digunakan dalam *usecase* diagram tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Simbol-Simbol *Usecase* Diagram

Simbol	Deskripsi
	<i>Usecase</i> menggambarkan fungsionalitas yang disediakan sistem sebagai unit-unit bertukar pesan antara unit dengan aktor, dinyatakan dengan kata kerja
	Aktor adalah <i>abstraction</i> dari orang atau sistem yang lain yang mengaktifkan fungsi dari target system
	Asosiasi antara aktor dan <i>usecase</i> digambarkan dengan garis tanpa panah yang mengindikasikan siapa atau apa yang meminta interaksi secara langsung dan bukannya mengindikasikan data.

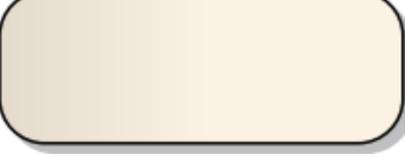
	Asosiasi antara aktor dan <i>usecase</i> yang menggunakan panah terbuka untuk mengindikasikan bila aktor berinteraksi secara pasif dengan system
	<i>Include</i> adalah <i>include</i> di dalam <i>usecase</i> lain (<i>required</i>) atau pemanggilan <i>usecase</i> oleh <i>usecase</i> lain, contohnya yaitu pemanggilan sebuah fungsi program
	<i>Extend</i> merupakan perluasan dari <i>usecase</i> lain jika kondisi atau syarat terpenuhi

Sumber : Ade Hendini, 2016

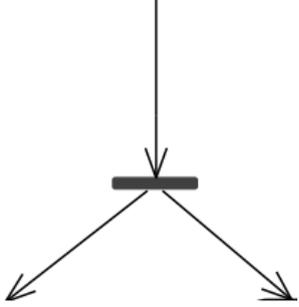
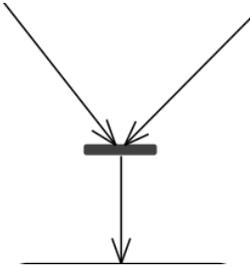
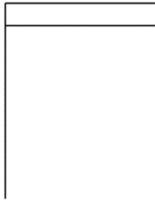
b. *Activity* Diagram

Activity diagram atau aktivitas diagram lebih terfokus pada eksekusi dan alur sistem dibandingkan dengan bagaimana sistem dirakit. *Activity* diagram dibagi menjadi beberapa object untuk menggambarkan objek mana yang bertanggung jawab untuk aktivitas tertentu. Simbol-simbol *activity* diagram tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Simbol *Activity* Diagram

Simbol	Deskripsi
	<i>Start Point</i> , adalah awal aktivitas dan terletak di pojok kiri atas.
	<i>End Point</i> , adalah simbol akhir aktivitas
	<i>Activities</i> , menggambarkan suatu proses atau kegiatan bisnis

Tabel 2. Simbol *Activity Diagram* (Lanjutan)

Simbol	Deskripsi
	<p><i>Fork</i> atau percabangan, bertujuan menunjukkan kegiatan yang dilakukan secara parallel atau menggabungkan dua kegiatan parallel menjadi satu</p>
	<p><i>Join</i> (penggabungan) atau <i>rake</i>, untuk menunjukkan adanya dekomposisi</p>
	<p><i>Decision Points</i>, menggambarkan pilihan untuk pengambil keputusan <i>true</i> atau <i>false</i></p>
	<p><i>Swimlane</i>, pembagian <i>activity diagram</i> bertujuan menunjukkan siapa melakukan apa</p>

Sumber : Ade Hendini, 2016

c. *Class Diagram*

Class diagram menggambarkan struktur dan deskripsi *class*, *package*, dan objek beserta hubungannya seperti pewarisan, asosiasi dan lain-lain. *Class diagram* bertujuan menjelaskan tipe dari objek sistem dan hubungannya dengan objek yang lain. Objek merupakan nilai tertentu

dari setiap attribute class entity. *Class* adalah spesifikasi yang jika diinstansiasi menghasilkan objek yang merupakan inti dari pengembangan berorientasi objek. *Class* menggambarkan keadaan (*attribute/property*) suatu sistem, sekaligus menawarkan layanan untuk memanipulasi keadaan tersebut (metode/fungsi). *Multiplicity* atau *Cardinality* adalah keterangan hubungan antar kelas pada *class* diagram tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. *Multiplicity* Pada *Class* Diagram

<i>Multiplicity</i>	Deskripsi
1	Satu dan hanya satu
0..*	Boleh tidak ada atau 1 atau lebih
1..*	1 atau lebih
0..1	Boleh tidak ada, maksimal 1
n..n	Batasan antara. Contoh 2..4 mempunyai arti minimal 2 maksimal 4

Sumber : Ade Hendini, 2016

2.5 Android

Android merupakan sistem operasi perangkat *mobile* berbasis linux yang terdiri dari sistem operasi, *middleware*, dan aplikasi. Para pengembang dapat menciptakan aplikasi pada platform yang telah disediakan android (Safaat, 2012). Pengembang memiliki beberapa pilihan ketika membuat suatu aplikasi yang berbasis android. IDE yang digunakan oleh pengembang yaitu Eclipse yang tersedia bebas untuk mengembangkan aplikasi android. Eclipse merupakan IDE terpopuler dalam pengembangan android, karena android *plug-in* yang tersedia untuk memfasilitasi pengembangan android.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tahun ajaran 2020/2021 di Jurusan Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan Jurusan Budidaya Tanaman Perkebunan Politeknik Negeri Lampung.

3.2 Alat Pendukung

Alat pendukung dalam penelitian Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Berbasis Android Menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani* sebagai berikut :

3.2.1 Perangkat Keras (*Hardware*)

Penelitian ini menggunakan perangkat keras berupa laptop berspesifikasi :

- a. *Processor* : AMD Ryzen 5 3550H 2.10 Ghz
- b. *Installed RAM* : 8 Gigabyte
- c. *System Type* : 64-bit operating system, x64-based processor

Untuk menjalankan sistem pakar, penelitian ini menggunakan perangkat keras berupa *smartphone* berspesifikasi :

- a. Resolusi Layar : 720 x 1520 *pixels*,
- b. Versi Android : Android 9.0 (*Pie*),
- c. RAM : 4 Gigabyte,
- d. Penyimpanan *Internal* : 64 Gigabyte,

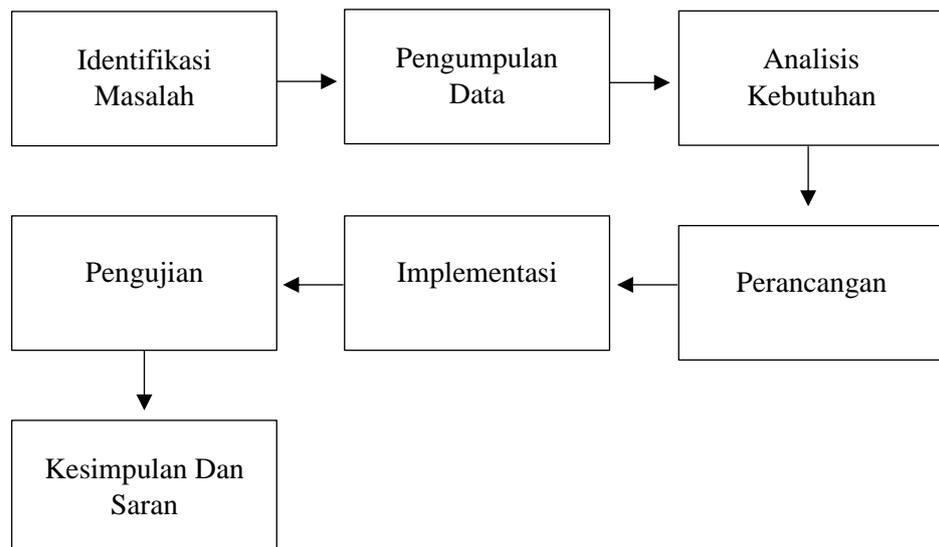
3.2.2 Perangkat Lunak (Software)

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak sebagai berikut :

- a. Android Studio dan Visual Studio Code, sebagai aplikasi *text editor* untuk menulis kode program android,
- b. Star UML, sebagai aplikasi untuk membuat perancangan diagram sistem,
- c. Balsamiq Mockups, sebagai aplikasi untuk merancang desain tampilan sistem.

3.3 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang akan ditempuh tertera pada Gambar 17.



Gambar 17. Tahapan Penelitian

3.3.1 Identifikasi Masalah

Keterbatasan dalam menemui seorang pakar untuk berkonsultasi, membuat petani kelapa sawit kesulitan melakukan diagnosis penyakit yang menyerang pada tanaman kelapa sawit.

3.3.2 Pengumpulan Data

Peneliti mengumpulkan data dengan berbagai cara sebagai berikut :

a. Studi Pustaka

Peneliti melakukan studi pustaka dengan mencari referensi berupa buku maupun jurnal terkait dengan sistem pakar, metode mamdani, penyakit kelapa sawit dan pengendalian penyakit kelapa sawit.

b. Wawancara

Peneliti mengumpulkan data melalui wawancara, yaitu dengan mewawancarai seorang pakar terkait data-data penyakit kelapa sawit, dalam penelitian ini saya mewawancarai Ir. Albertus Sudirman, M.P. selaku pembimbing sekaligus sebagai pakar.

3.3.3 Analisis Kebutuhan

Analisis Kebutuhan yaitu mengidentifikasi spesifikasi kebutuhan untuk implementasi pada sistem pakar yang akan dibangun. Hal tersebut dilakukan melalui konsultasi kepada pakar dan pembimbing, baik secara lisan maupun tulisan.

3.3.4 Perancangan

Perancangan berisi tentang bagaimana rancangan sistem dibuat dan alur kerja sistem dalam membangun sistem pakar diagnosis penyakit pada tanaman kelapa sawit berbasis android menggunakan metode *fuzzy* mamdani.

3.3.5 Implementasi

Implementasi merupakan tahapan dimana dilakukan *coding* atau pengkodean sistem. Pada penelitian ini *coding* dilakukan menggunakan Visual Studio Code.

3.3.6 Pengujian

Pengujian dilakukan terhadap penerapan algoritma *fuzzy* mamdani pada sistem diagnosis penyakit kelapa sawit. Ada 3 cara pengujian, yaitu pengujian fungsional, pengujian eksternal dan juga pengujian akurasi sistem. Pengujian fungsional sistem bertujuan untuk mengetahui sistem telah berjalan sesuai dengan rancangan atau belum, pengujian eksternal dilakukan untuk mengetahui penilaian responden terhadap sistem pakar diagnosis penyakit tanaman kelapa sawit yang telah dibuat, sedangkan pengujian akurasi merupakan hasil perbandingan diagnosis oleh pakar dengan diagnosis pada sistem. Skenario pengujian tertera pada Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 4. Pengujian Fungsional Sistem Pakar

No.	Nama Kasus	Kasus Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1.	Halaman Utama	Pengujian menampilkan halaman utama pada sistem	Sistem bisa menampilkan halaman utama sistem pakar tanaman kelapa sawit	Sistem menampilkan halaman utama sistem pakar tanaman kelapa sawit	Valid/NoValid
2.	Diagnosis	Pengujian memilih gejala penyakit pada sistem oleh user	Sistem dapat memproses masukan dari user	Sistem dapat memproses masukan user	Valid/NoValid
		Pengujian hasil diagnosis dari sistem pakar	Sistem dapat menampilkan hasil diagnosis berupa penyakit dan pengendalian	Sistem menampilkan output berupa penyakit dan pengendalian	Valid/NoValid
3.	Daftar Penyakit	Pengujian menampilkan daftar penyakit oleh user	Sistem bisa menampilkan daftar penyakit tanaman kelapa sawit	Sistem menampilkan daftar penyakit tanaman kelapa sawit	Valid/NoValid
		Pengujian menampilkan deskripsi penyakit oleh user	Sistem dapat menampilkan deskripsi penyakit tanaman kelapa sawit yang dipilih	Sistem menampilkan daftar penyakit tanaman kelapa sawit yang dipilih	Valid/NoValid

Tabel 4. Pengujian Fungsional Sistem Pakar (Lanjutan)

No.	Nama Kasus	Kasus Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
4.	Halaman Bantuan	Pengujian menampilkan halaman bantuan oleh user	Sistem bisa menampilkan halaman bantuan pada sistem	Sistem bisa menampilkan halaman bantuan pada sistem	Valid/NoValid
5.	Halaman Tentang	Pengujian menampilkan halaman tentang oleh user	Sistem bisa menampilkan halaman tentang pada sistem	Sistem dapat menampilkan halaman bantuan pada sistem	Valid/NoValid

Tabel 5. Skenario Pengujian Eksternal

No.	Pernyataan	Kategori					Total	Nilai Presentase
		(5) SS	(4) S	(3) CS	(2) KS	(1) KS		
1.	Sistem memberikan informasi tentang penyakit dan pengendaliannya pada tanaman kelapa sawit							
2.	Sistem mudah dipahami dan digunakan							
3.	Data-data yang tersedia sudah lengkap dan jelas							
4.	Sistem dapat membantu dalam mendiagnosis penyakit dengan baik							
5.	Hasil diagnosis penyakit sudah sesuai dengan fakta yang ada							
6.	Sistem dapat memberikan pengendalian terkait penyakit yang dialami tanaman kelapa sawit							

Tabel 5. Skenario Pengujian Eksternal (Lanjutan)

No.	Pernyataan	Kategori					Total	Nilai Presentase
		(5) SS	(4) S	(3) CS	(2) KS	(1) KS		
7.	Sistem dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan fungsinya							
8.	Tampilan antarmuka sistem sudah baik dan sesuai							

Tabel 6. Presentasi Pengujian Sistem

Kasus	Inputan 1	Inputan 2	Inputan 3	Inputan 4	Output Sistem	Output Pakar	Hasil Akurasi

3.3.7 Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan dan saran yaitu merangkum hasil dari penelitian ini untuk bisa dijadikan landasan dalam pengambilan keputusan dan sebagai bahan acuan untuk penelitian selanjutnya. Kesimpulan berisi hasil hasil dari pengujian sistem, dan saran berisi harapan di masa mendatang untuk perkembangan sistem selanjutnya.

3.4 Analisis Kebutuhan

Sistem pakar membutuhkan data berupa penyakit kelapa sawit dan gejala dari masing-masing penyakit kelapa sawit. Informasi tentang penyakit dan gejala penyakit kelapa sawit dapat diperoleh dengan berbagai cara, yaitu mengumpulkan data dari wawancara langsung dengan para ahli kelapa sawit,

dari jurnal ilmiah, buku, laporan dan sebagainya. Pada penelitian ini diperoleh 7 penyakit dan 29 gejala. Data penyakit pada tanaman kelapa sawit beserta gejala yang ditunjukkan dapat dilihat pada Tabel 7 :

Tabel 7. Daftar Penyakit Tanaman Kepala Sawit

No.	Penyakit	Gejala
1.	Busuk Akar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Daun terdapat bercak-bercak dikelilingi warna kuning 2. Daun bibit kusam bewarna kekuning-kuningan yang dimulai dari bagian ujung daun 3. Daun menjadi layu 4. Daun berubah warna menjadi kuning cerah 5. Akar menjadi lunak
2.	Busuk Pangkal Batang	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pelepah daun tampak layu 2. Pelepah daun berwarna pucat 3. Bagian daun paling tua mengalami nekrosis 4. Pelepah daun akan patah dan menggantung 5. Daun tombak (pupus) yang baru muncul tidak membuka dan berkumpul lebih dari 3 helai 6. Pangkal batang menghitam 7. Keluar getah pada bagian yang terinfeksi
3.	Bercak Daun	<ol style="list-style-type: none"> 1. Terdapat bercak bulat kecil berwarna kuning di permukaan daun 2. Daun berubah warna menjadi coklat muda dan pusat bercak mengendap 3. Daun yang paling tua mengering, menggulung, dan menjadi rapuh
4.	Busuk Daun	<ol style="list-style-type: none"> 1. Daun terdapat bercak-bercak dikelilingi warna kuning 2. Daun bibit kusam bewarna kekuning-kuningan yang dimulai dari bagian ujung daun 3. Adanya warna hitam dan coklat diantara tulang daun 4. Daun yang terserang menjadi kering
5.	Tajuk	<ol style="list-style-type: none"> 1. Helai daun mulai dari pertengahan sampai ujung pelepah kecil-kecil 2. Daunnya robek-robek 3. Pelepah membengkok 4. Jaringan yang terinfeksi pada pelepah yang tidak membuka berwarna coklat kemerah-merahan
6.	<i>Little Leaf</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Anak daun patah-patah 2. Ujung daun bengkok, melidi, dan seperti ekor ikan 3. Helai daun koyak 4. Daun kecil
7.	Busuk Tandan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Permukaan tandan terdapat benang-benang jamur putih mengkilat 2. Mesocarpnya menjadi lembek dan busuk 3. Warna buah berubah menjadi kecoklatan dan menghitam 4. Pembusukan pada tandan

3.5 Perancangan

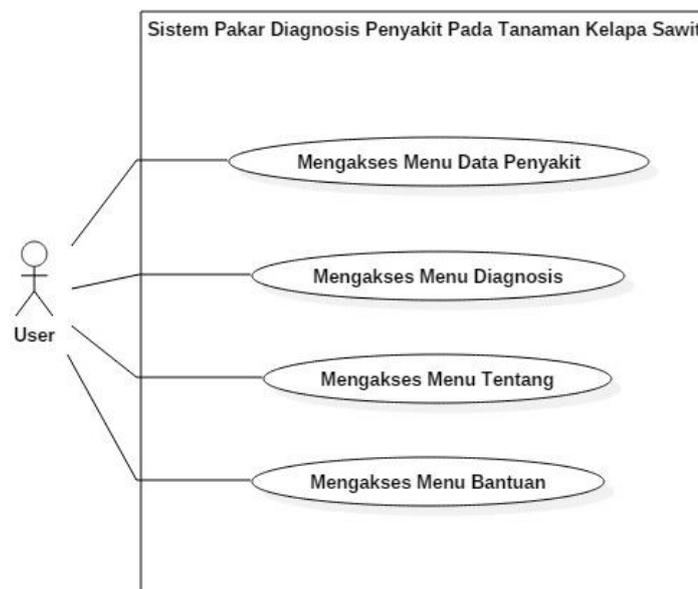
Pada proses perancangan terdapat 2 tahapan yakni perancangan *user interface* dan perancangan sistem pakar, sebagai berikut :

3.5.1 Perancangan *User Interface* Sistem

Perancangan sistem merupakan pemodelan proses berjalannya sistem yang dibangun dalam penelitian ini menggunakan pemodelan UML.

A. *Usecase* Diagram

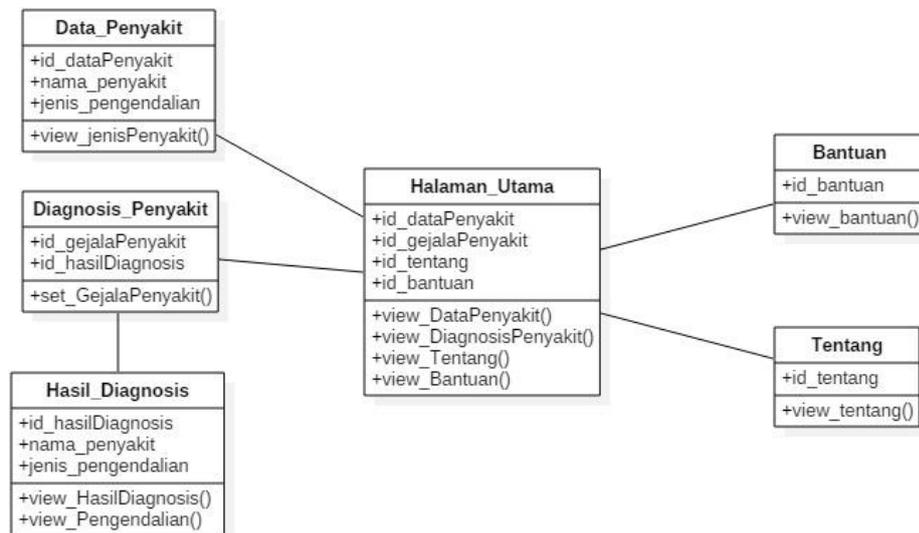
Pada *usecase* diagram dijelaskan user dapat melakukan 4 interaksi yaitu user dapat mengakses menu penyakit kelapa sawit, melakukan diagnosis penyakit kelapa sawit, mengakses menu tentang dan mengakses menu bantuan (Gambar 18).



Gambar 18. *Usecase* Diagram Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Pada Tanaman Kelapa Sawit

B. Class Diagram

Class diagram menunjukkan menu-menu dan atribut pada sistem, yang tertera pada Gambar 19.



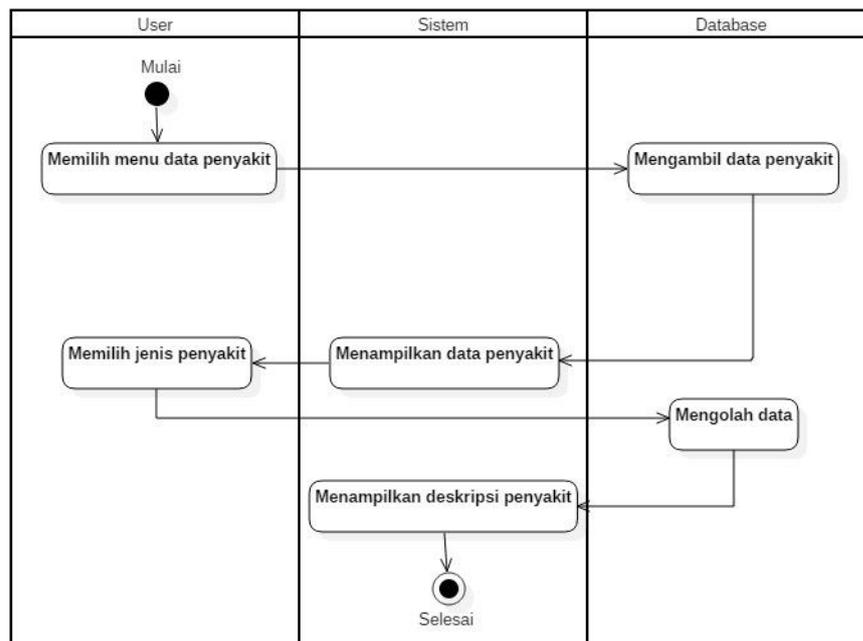
Gambar 19. *Class* Diagram Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Pada Tanaman Kelapa Sawit

C. Activity Diagram

Activity diagram berisi alur aliran dari aktivitas, mendeskripsikan aktivitas sistem yang dibuat dalam satu operasi dan untuk aktivitas lainnya. Diagram ini memodelkan workflow yang berjalan dari satu aktivitas ke aktivitas lainnya atau dari aktivitas ke status. Pada penelitian ini sistem pakar yang dibangun terdapat 5 (lima) *activity* diagram yaitu *Activity* Diagram Menu Data Penyakit, *Activity* Diagram Menu Diagnosis Penyakit, *Activity* Diagram Menu Tentang, dan *Activity* Diagram Menu Bantuan. Adapun *activity* diagram sebagai berikut :

a. *Activity* Diagram Menu Data Penyakit

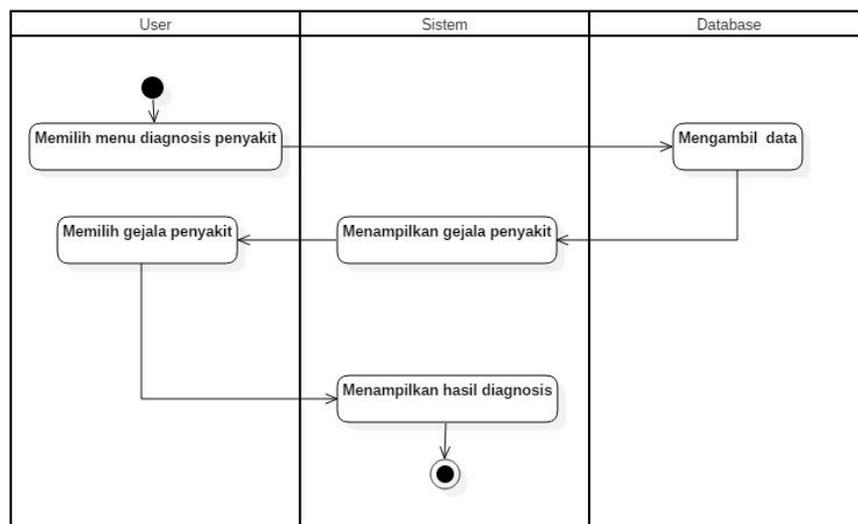
Activity Diagram Menu Data Penyakit (Gambar 20) menjelaskan sistem menampilkan jenis penyakit kelapa sawit yang ada dalam database sistem.



Gambar 20. Activity Diagram Menu Data Penyakit

b. Activity Diagram Menu Diagnosis Penyakit

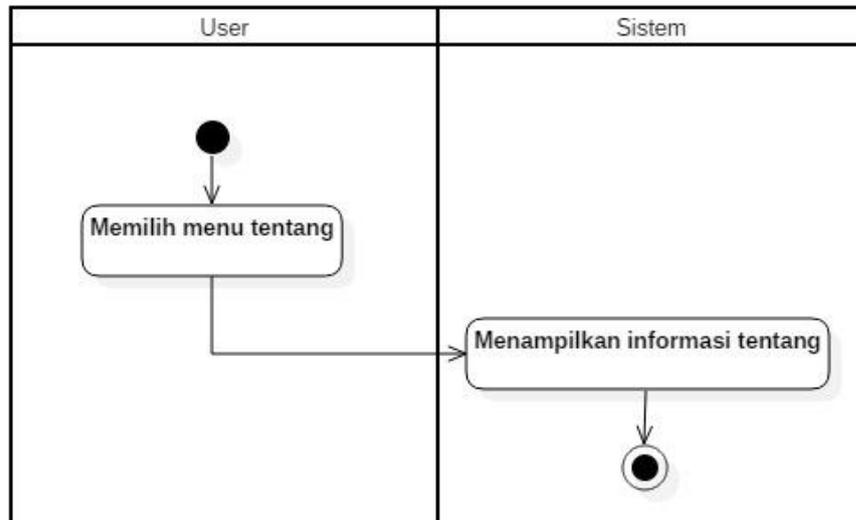
Activity Diagram Menu Diagnosis Penyakit menggambarkan user melakukan diagnosis penyakit dengan memilih gejala penyakit tanaman kelapa sawit yang tertera pada Gambar 21.



Gambar 21. Activity Diagram Diagnosis Penyakit

c. *Activity Diagram Menu Tentang*

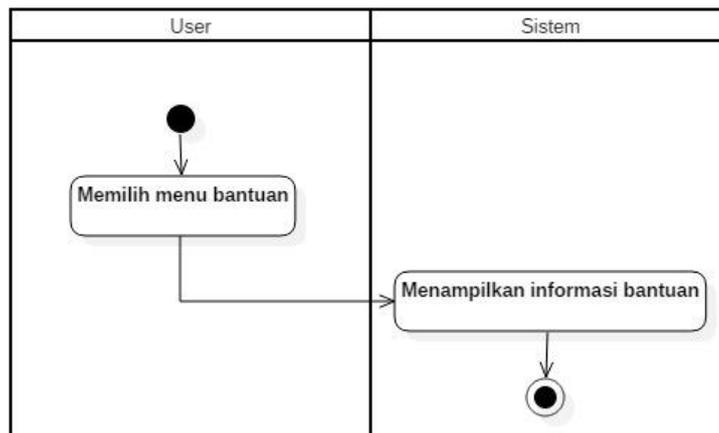
Activity Diagram Menu Tentang merupakan diagram yang menggambarkan aktifitas pada menu tentang, dimana sistem menampilkan halaman informasi tentang sistem. Diagram menu tentang tertera pada Gambar 22.



Gambar 22. *Activity Diagram Menu Tentang*

d. *Activity Diagram Menu Bantuan*

Activity Diagram Menu Bantuan pada Gambar 23 menggambarkan bahwa sistem menampilkan informasi bantuan yang ada pada sistem.



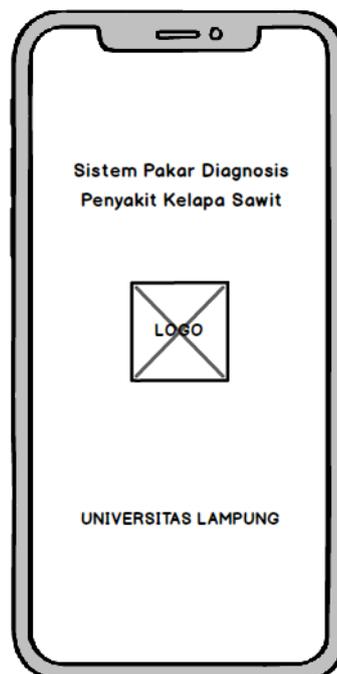
Gambar 23. *Activity Diagram Menu Bantuan*

D. Desain User Interface

Desain *user interface* (Antar Muka Pengguna) ditujukan untuk memberikan gambaran seperti apa tampilan sistem yang akan dibangun. Rancangan desain *user interface* sebagai berikut :

1. Tampilan *Splash Screen*

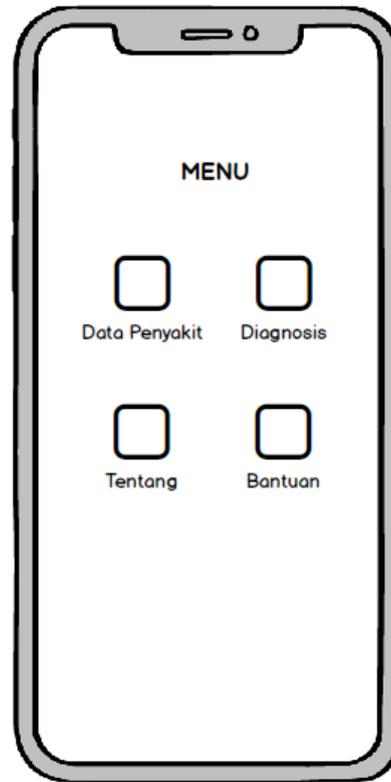
Tampilan *Splash Screen* adalah yang kali pertama muncul saat membuka Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Pada Tanaman Kelapa Sawit. Desain *Splash Screen* tertera pada Gambar 24.



Gambar 24. Desain *Splash Screen*

2. Tampilan Halaman Utama

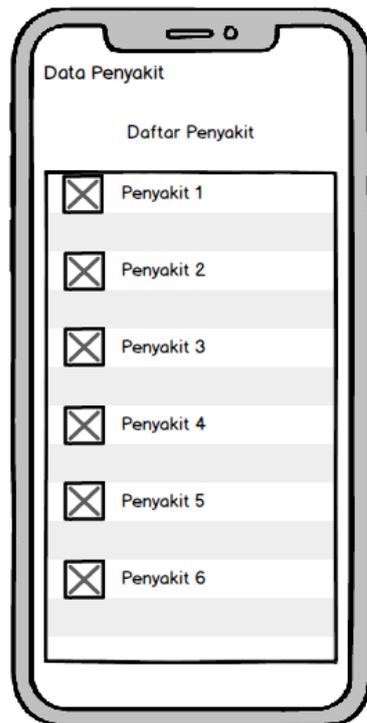
Pada Halaman Utama Sistem Diagnosis Penyakit Pada Tanaman Kelapa Sawit terdapat 4 menu yaitu Data Penyakit, Diagnosis, Tentang, dan Bantuan yang tertera pada Gambar 25.



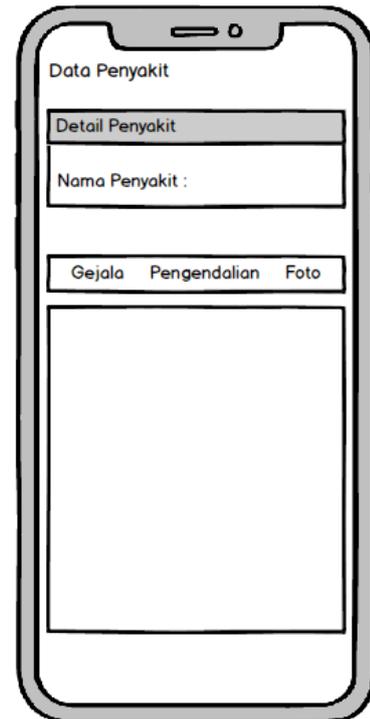
Gambar 25. Desain Halaman Utama

3. Tampilan Halaman Data Penyakit

Halaman Data Penyakit berisi daftar penyakit tanaman kelapa sawit. Setelah memilih jenis penyakit, kemudian menuju halaman yang berisi deskripsi dari penyakit tersebut. Desain halaman tertera pada Gambar 26 dan Gambar 27.



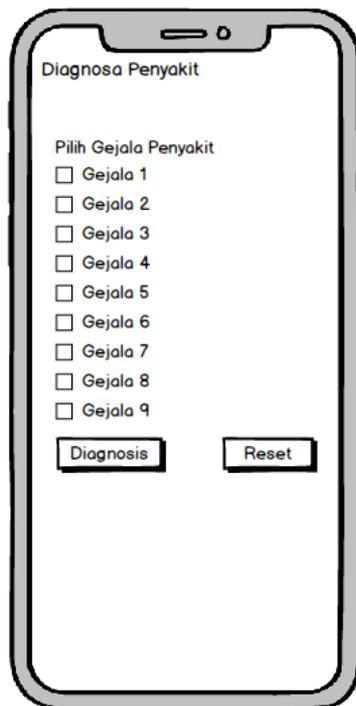
Gambar 26. Desain Halaman Daftar Penyakit



Gambar 27. Desain Halaman Deskripsi Penyakit

4. Tampilan Halaman Diagnosis Penyakit

Halaman Diagnosis Penyakit ini merupakan tampilan dimana pengguna melakukan diagnosis dengan memilih gejala pada tanaman kelapa sawit, selanjutnya berdasarkan gejala tersebut akan menuju ke halaman hasil diagnosis. Gambar 28 menunjukkan halaman diagnosis penyakit dan Gambar 29 menunjukkan halaman hasil diagnosis, sebagai berikut :



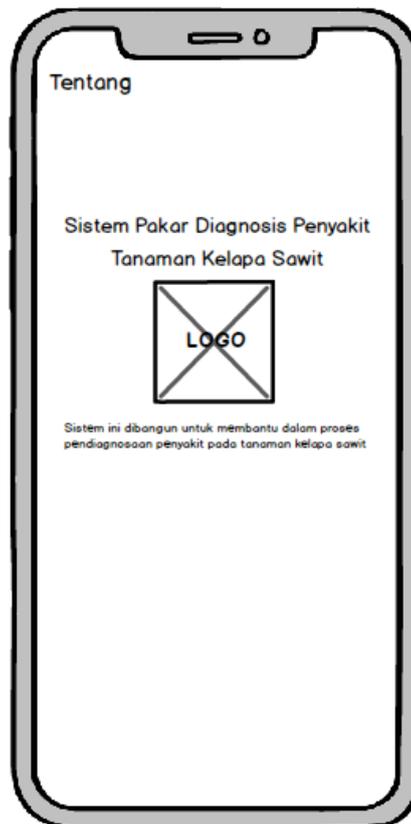
Gambar 28. Desain Halaman Diagnosis Penyakit



Gambar 29. Desain Halaman Hasil Diagnosis

5. Tampilan Halaman Tentang

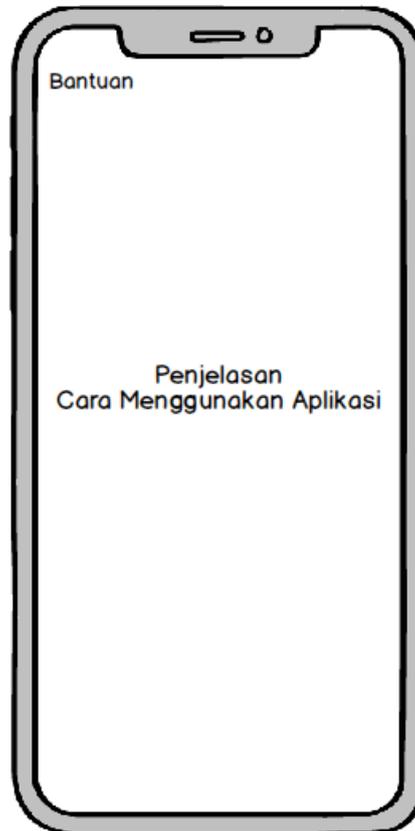
Gambar 30 menunjukkan tampilan halaman tentang pada sistem yang dibangun. Halaman tentang menunjukkan informasi mengenai sistem yang dibangun pada Jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung.



Gambar 30. Desain Halaman Tentang

6. Tampilan Halaman Bantuan

Halaman bantuan yang tertera pada Gambar 31 ini berisi penjelasan cara menggunakan sistem pakar yang dibangun.



Gambar 31. Desain Halaman Bantuan

3.5.2 Perancangan Sistem Pakar

Perancangan sistem pakar berisi pembuatan basis pengetahuan serta penerapan metode sistem pakar yang dijabarkan sebagai berikut :

A. Pembuatan Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan adalah bagian penting dalam pembuatan sistem pakar yang mana mencakup representasi pengetahuan dari seorang pakar. Basis pengetahuan berisi kumpulan informasi tentang aturan yang dibutuhkan sistem pakar untuk memahami dan memecahkan masalah di tertentu. Ada

dua elemen dasar, yaitu fakta dan aturan khusus yang memberi saran pengendalian untuk memudahkan pengguna memecahkan masalah. Daftar nama dan gejala penyakit dalam sistem pakar diberikan kode, yaitu “P” untuk data penyakit tanaman kelapa sawit dan “G” untuk data gejala penyakit tanaman kelapa sawit. Berikut adalah data penyakit dan data gejala penyakit yang tertera pada Tabel 8, dan Tabel 9.

Tabel 8. Data Penyakit Tanaman Kelapa Sawit

Kode	Nama Penyakit
P1	Busuk Akar
P2	Busuk Pangkal Batang
P3	Bercak Daun
P4	Busuk Daun
P5	Tajuk
P6	<i>Little Leaf</i>
P7	Busuk Tandan

Tabel 9. Data Gejala Penyakit Tanaman Kelapa Sawit

Kode Gejala	Gejala
G1	Daun terdapat bercak-bercak dikelilingi warna kuning
G2	Daun bibit kusam bewarna kekuning-kuningan yang dimulai dari bagian ujung daun
G3	Daun menjadi layu
G4	Daun berubah warna menjadi kuning cerah
G5	Akar menjadi lunak
G6	Pelepah daun tampak layu
G7	Pelepah daun berwarna pucat
G8	Bagian daun paling tua mengalami nekrosis
G9	Pelepah daun akan patah dan menggantung
G10	Daun tombak (pupus) yang baru muncul tidak membuka dan berkumpul lebih dari 3 helai
G11	Pangkal batang menghitam
G12	Keluar getah pada bagian yang terinfeksi
G13	Terdapat bercak bulat kecil berwarna kuning di permukaan daun
G14	Daun berubah warna menjadi cokelat muda dan pusat bercak mengendap

Tabel 9. Data Gejala Penyakit Tanaman Kelapa Sawit (Lanjutan)

Kode Gejala	Gejala
G15	Daun yang paling tua mengering, menggulung, dan menjadi rapuh
G16	Adanya warna hitam dan coklat diantara tulang daun
G17	Daun yang terserang menjadi kering
G18	Helai daun mulai dari pertengahan sampai ujung pelepah kecil-kecil
G19	Daunnya robek-robek
G20	Pelepah membengkok
G21	Jaringan yang terinfeksi pada pelepah yang tidak membuka berwarna cokelat kemerah-merahan
G22	Anak daun patah-patah
G23	Ujung daun bengkok, melidi, dan seperti ekor ikan
G24	Helai daun koyak
G25	Daun kecil
G26	Permukaan tandan terdapat benang-benang jamur putih mengkilat
G27	Mesocarpnya menjadi lembek dan busuk
G28	Warna buah berubah menjadi kecoklatan dan menghitam
G29	Pembusukan pada tandan

Kemudian dilakukan pembobotan gejala terhadap penyakit yang dilakukan oleh seorang pakar. Nilai bobot merupakan nilai dari seorang pakar terhadap suatu gejala berdasarkan data yang sudah ada, pengalaman dan jam terbang seorang pakar. Nilai bobot masing-masing gejala ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Relasi Nilai Bobot Masing-Masing Gejala Penyakit Pada Tanaman Kelapa Sawit

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
G1	0,2			0,2			
G2	0,3			0,3			
G3	0,6						
G4	0,7						

Tabel 10. Relasi Nilai Bobot Masing-Masing Gejala Penyakit Pada Tanaman Kelapa Sawit

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
G5	0,9						
G6		0,2					
G7		0,3					
G8		0,4					
G9		0,5					
G10		0,6					
G11		0,7					
G12		0,9					
G13			0,2				
G14			0,4				
G15			0,9				
G16				0,6			
G17				0,9			
G18					0,2		
G19					0,4		
G20					0,6		
G21					0,9		
G22						0,2	
G23						0,4	
G24						0,6	
G25						0,9	
G26							0,2
G27							0,4
G28							0,6
G29							0,9

B. Penerapan Metode Sistem Pakar

Penerapan metode sistem pakar pada penelitian ini menggunakan *certainty factor* untuk mendefinisikan ukuran keyakinan terhadap fakta yang menggambarkan keyakinan seorang pakar terhadap masalah yang sedang dihadapi. Selanjutnya ditarik kesimpulan dengan perhitungan *fuzzy mamdani*.

Contoh Kasus :

Misal *user* menginputkan beberapa gejala yang ada yaitu, daun menjadi layu (G3), daun berubah warna menjadi kuning cerah (G4), pelepah daun tampak layu (G6), pelepah daun akan patah dan menggantung (G9).

Berikut proses yang dilakukan hingga memperoleh hasil keputusan :

1. Tahap awal yaitu pengelompokkan gejala-gejala (inputan) terhadap penyakit yang ada pada basis pengetahuan. Sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned} P1 &= \{G3, G4\} \\ &= \{0,6, 0,7\} \\ P2 &= \{G6, G9\} \\ &= \{0,2, 0,5\} \end{aligned}$$

2. Selanjutnya, menghitung nilai CF (nilai keyakinan seorang pakar terhadap suatu masalah) pada setiap penyakit menggunakan aturan *Certainty Factor*.

Rumus CF :

$$CF (CF_1, CF_2) = CF_1 + CF_2 (1 - CF_1) \quad (3.5.2)$$

Maka diperoleh nilai CF dari setiap penyakit sebagai berikut :

$$\begin{aligned} CF (P1) &= (P1, G3) + (P1, G4) * (1 - (P1, G3)) \\ &= 0,6 + 0,7 * (1 - 0,6) \\ &= 0,6 + 0,28 \\ &= 0,88 \end{aligned}$$

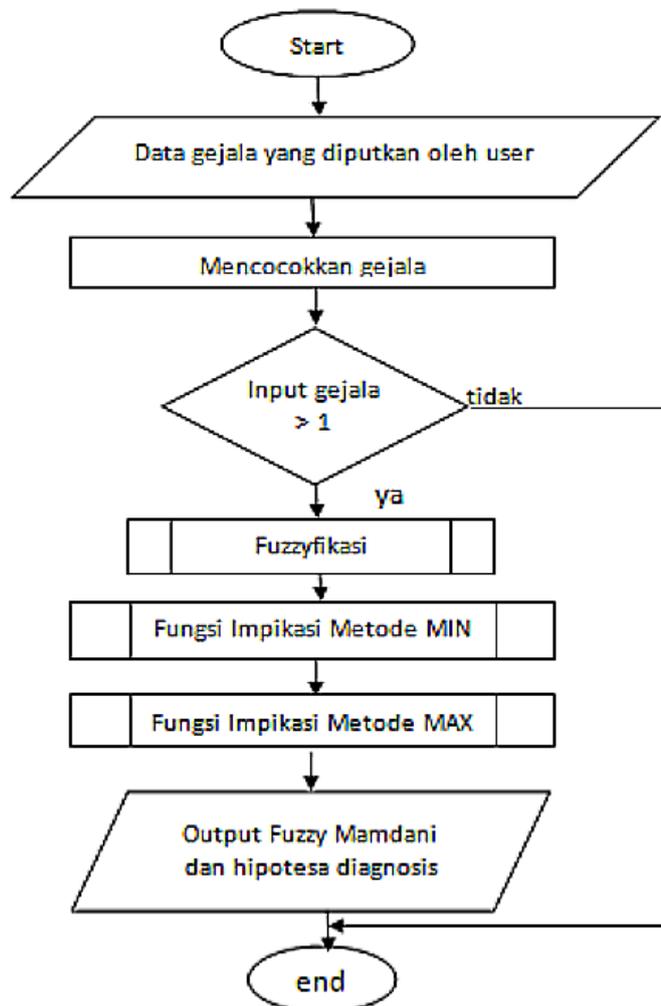
$$\begin{aligned} CF (P2) &= (P2, G6) + (P2, G9) * (1 - (P2, G9)) \\ &= 0,2 + 0,5 * (1 - 0,2) \\ &= 0,2 + 0,4 \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

3. Kemudian dilanjutkan dengan aturan *fuzzy mamdani* untuk melakukan penarikan kesimpulan. Mencari nilai keanggotaan terkecil, kemudian mengambil nilai maksimum aturan. Maka diperoleh :

$$\begin{aligned} & \text{Max } [\text{Min} ((P1,G3) , (P1,G4)] \\ & \quad [\text{Min} ((P2,G6) , (P2,G9)] \\ & \text{Max } [\text{Min} (0,6 , 0,7)] \\ & \quad [\text{Min} (0,2 , 0,4)] \\ & \text{Max } [0,6 , 0,2] \\ & = 0,6 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan gejala diatas, maka tanaman kelapa sawit menderita penyakit P1 yaitu Penyakit Busuk Akar dengan nilai keyakinan sebesar 0,88.

Fuzzy Mamdani memiliki alur sistem sebagai berikut :



Gambar 32. Alur Sistem Metode *Fuzzy Mamdani*

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang diperoleh adalah :

1. Sistem pakar diagnosis penyakit pada tanaman kelapa sawit berbasis android menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* yang dibangun dapat membantu petani serta pemerhati kelapa sawit dalam mendiagnosis penyakit.
2. Sistem pakar diagnosis penyakit pada tanaman kelapa sawit berbasis android menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* berjalan dengan baik sesuai dengan yang direncanakan.
3. Akurasi yang diperoleh sistem pakar diagnosis penyakit pada tanaman kelapa sawit berbasis android menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* adalah sebesar 87 %.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, adapun saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya yang dapat dikembangkan kembali, yaitu :

1. Menambahkan fitur untuk menambah penyakit dan mengedit nama penyakit maupun nilai bobot penyakit tanaman kelapa sawit.
2. Ditambahkan fitur pendukung seperti riwayat diagnosis yang dapat menyimpan hasil diagnosis yang dilakukan.
3. Memperbanyak penyakit tanaman kelapa sawit dalam sistem pakar diagnosis penyakit kelapa sawit yang akan dibangun selanjutnya.

4. Melakukan perubahan nilai bobot pada gejala penyakit untuk meningkatkan akurasi sistem, atau dapat juga diberikan nilai bobot yang konsisten guna mengurangi kesalahan dalam diagnosis.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2019). Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2019. Jakarta.
- Chen, G., & Pham, T. T. (2000). *Introduction to fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy control systems*. CRC press.
- Febriany, N., Agustina, F., & Marwati, R. (2017). Aplikasi metode fuzzy mamdani dalam penentuan status gizi dan kebutuhan kalori harian balita menggunakan software MATLAB. *Jurnal EurekaMatika*, 5(1), 84-96.
- Hendini, A. (2016). Pemodelan UML sistem informasi monitoring penjualan dan stok barang (studi kasus: distro zhezha pontianak). *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, 4(2).
- Hermanto, B., Sudirman, A., & Tsamara, N. (2020). Rancang Bangun Aplikasi Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Pada Tanaman Kelapa Sawit Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Web. *Jurnal Pepadun*, 1(1), 37-45.
- Kusumadewi. S dan H. Purnomo. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Mendukung Keputusan*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Nazruddin. Safaat H, 2012, *Pemrograman Aplikasi Mobile Smartphone dan Tablet PC Berbasis Android (Edisi Revisi)*, Informatika, Bandung.
- Nugroho, Adi. (2010). *Rekayasa Perangkat Lunak Menggunakan UML & Java*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Rika Rosnelly. (2012). *Sistem Pakar Konsep Dan Teori*. Andi. Universitas Potensi Utama.

- Ross, T. J. (2009). *Fuzzy logic with engineering applications*. John Wiley & Sons.
- Salman, M. A., & Seno, N. I. (2010). *A comparison of Mamdani and Sugeno inference systems for a satellite image classification*. *Anbar Journal for Engineering Sciences*, 296-306.
- Semangun, Haryono. 2000. *Penyakit-Penyakit Tanaman Perkebunan di Indonesia*. Yogyakarta: UGM Press.
- Sidauruk, A., & Pujiyanto, A. (2017). *Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Kelapa Sawit*. *DASI Data Manajemen Dan Teknologi Informasi*, 18, 51-56
- Simone Bova, P. C. (2010). *A Logical Analysis of Mamdani-type Fuzzy Inference, I Theoretical Bases*.
- Sunarko, I. (2014). *Budi Daya Kelapa Sawit di Berbagai Jenis Lahan*. AgroMedia.
- Susanto, A. 2002. *Kajian Pengendalian Hayati Ganoderma boninense Pat, Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang Kelapa Sawit*. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Suwarto, & Yuke, O. (2010). *Budidaya Tanaman Perkebunan Unggulan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Widianto, A., Hidayat, N., & Mahfud, M. (2018). *Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Tanaman Kacang Tanah Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani Berbasis Android*. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(8), 2840-2845.