

**SISTEM PAKAR UNTUK DETEKSI KERUSAKAN  
INKUBATOR BAYI DENGAN METODE *FUZZY LOGIC***

**Tesis S-2**

**untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik  
Program Studi Magister Teknik Elektro**



**Diajukan oleh  
Cheka Putri Maharani  
20601800014**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG  
2023**

**SISTEM PAKAR UNTUK DETEKSI KERUSAKAN  
INKUBATOR BAYI DENGAN METODE *FUZZY LOGIC***

**Tesis S-2**

**untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik  
Program Studi Magister Teknik Elektro**



**Diajukan oleh  
Cheka Putri Maharani  
20601800014**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG  
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS  
SISTEM PAKAR UNTUK DETEKSI KERUSAKAN  
INKUBATOR BAYI DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*


yang dipersiapkan dan disusun oleh  
Cheka Putri Maharani  
20601800014

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Pada Tanggal 10 Maret 2023

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama


Ketua Penguji


  
Ir. Suryani Alifah, M.T., Ph.D.  
NIDN 0625036901

  
Dr. Bustanul Arifin, S.T., M.T.  
NIDN 0614117701

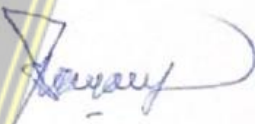
Pembimbing Pendamping

Penguji 1


  
Arief Marwanto, ST., M.Eng., Ph.D., IPM  
NIDN 0628097501

  
Dr. Sri Arttini Dwi Prasetyowati, M.Si.  
NIDN 0620026501

Penguji 2

  
Dr. Eka Nuryanto Budisusila, S.T., M.T.  
NIDN 0619107301

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Magister Teknik  
tanggal 10 Maret 2023  
Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro

  
Dr. Sri Arttini Dwi Prasetyowati, M.Si.  
NIDN 0620026501

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Cheka Putri Maharani  
NIM : 20601800014  
Program Studi : Magister Teknik Elektro  
Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tesis yang diajukan kepada Program Studi Magister Teknik Elektro dengan judul:

**“Sistem Pakar untuk Deteksi Kerusakan Inkubator Bayi  
dengan Metode *Fuzzy Logic*”**

Adalah hasil karya saya sendiri, judul tersebut belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) ataupun pada universitas lain serta belum pernah ditulis maupun diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis diacu, disitasi dan ditunjuk dalam daftar Pustaka. Tesis ini adalah milik saya, segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam Tesis ini adalah tanggung jawab saya.

Semarang, 10 Maret 2023

Penulis,



**Cheka Putri Maharani**

20601800014



## PERNYATAAN PERSETUJUAN UNGGAH KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Cheka Putri Maharani

NIM : 20601800014

Program Studi : Magister Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyerahkan karya ilmiah berupa ~~Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi\*~~ dengan judul :

Sistem Pakar untuk Deteksi Kerusakan Inkubator Bayi dengan Metode Fuzzy Logic

dan menyetujuinya menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dalam pangkalan data, dan dipublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik Hak Cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 13 Maret 2023

Yang menyatakan,



(Cheka Putri Maharani)

\*Coret yang tidak perlu

## PRAKATA

Alhamdulillah dengan mengucapkan segala puji syukur bagi Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **“Sistem Pakar untuk Deteksi Kerusakan Inkubator Bayi dengan Metode *Fuzzy logic*”**.

Tesis ini tidak tersusun dengan baik tanpa bimbingan, bantuan dan dukungan dari banyak pihak yang diberikan kepada penulis. Oleh karena itu penulis memberikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Hj. Novi Marlyana, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Dr. Hj. Sri Arttini Dwi Prasetyowati, M.Si. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Ir. Suryani Alifah, M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama.
4. Bapak Arief Marwanto, ST., M.Eng., Ph.D., IPM selaku Dosen Pembimbing.
5. Bapak dan Ibu dosen Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah membimbing dan membekali ilmu kepada penulis.
6. Teman-teman Magister Teknik Elektro Angkatan 2018 yang selalu menjadi dorongan, motivasi dan semangat selama penulis menyelesaikan tesis ini.

Penulis menyadari jika tesis ini jauh dari kata sempurna, untuk itu saran, kritik dan masukan yang membangun sangat diharapkan. Semoga penelitian ini dapat menjadi manfaat dan berguna bagi kita semua. Terima kasih.

Semarang, Maret 2023

Cheka Putri Maharani

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....	iv
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
ABSTRAK .....	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Maksud dan Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Kontribusi Tesis .....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka .....	5
2.2. Landasan Teori.....	8
2.2.1 Sistem Pakar.....	8
2.3. <i>Fuzzy</i> .....	10
2.3.1 Logika <i>Fuzzy</i> .....	10
2.3.2 Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	10
2.3.3 Fungsi keanggotaan .....	11
2.3.4 Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i> .....	13
2.3.5 Metode <i>Fuzzy</i> Tsukamoto .....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	17
3.1 Metode Penelitian.....	17
3.1.1. Langkah Penelitian.....	17
3.2 Alat Pendukung dan Bahan .....	18
3.3 Teknik Pengumpulan Data .....	18

3.3.1.	Data kondisi dan diagnosa kerusakan .....	18
3.3.2.	Data hasil pengukuran kondisi inkubator bayi.....	20
3.4	<i>Fuzzy Inference System (FIS)</i> .....	20
3.4.1	<i>Fuzzyfikasi</i> .....	20
3.4.2	Fungsi keanggotaan .....	21
3.4.3	Rule base <i>fuzzy</i> .....	26
3.4.4	Tahap inferensi.....	29
3.4.5	Defuzzifikasi .....	30
3.5	Desain eksplanasi dan <i>user interface</i> .....	30
3.6	Desain aplikasi .....	31
3.6.1	Rancangan algoritma sistem pakar .....	31
3.6.2	Diagram konteks .....	32
3.6.3	<i>Data flow diagram (DFD)</i> .....	33
BAB IV	HASIL DAN ANALISIS .....	34
4.1	Pengujian sistem.....	34
4.1.1	Perhitungan manual .....	34
4.1.2	Pengujian hasil dengan Matlab .....	40
4.2	Analisis hasil .....	42
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN .....	46
5.1.	Kesimpulan.....	46
5.2.	Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	.....	47



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
Tabel 3.1 Tabel kondisi.....	19
Tabel 3.2 Data kerusakan.....	19
Tabel 3.3 Hasil pengukuran kondisi inkubator bayi .....	20
Tabel 3.4 Rule base fuzzy .....	27
Tabel 4.1 Perbandingan hasil diagnosa pakar dan sistem.....	41



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konsep sistem pakar .....	8
Gambar 2.2 Arsitektur sistem pakar .....	9
Gambar 2.3 Contoh keanggotaan himpunan temperatur atau suhu .....	11
Gambar 2.4 Contoh keanggotaan himpunan umur .....	11
Gambar 2.5 Contoh keanggotaan himpunan kecepatan.....	11
Gambar 2.6 Representasi linear naik .....	12
Gambar 2.7 Representasi linear turun.....	12
Gambar 2.8 Representasi kurva segitiga.....	13
Gambar 2.9 Proses defuzzyfikasi.....	16
Gambar 3.1 Flowchart diagram Langkah-langkah penelitian.....	17
Gambar 3.2 Diagram fuzzyfikasi.....	21
Gambar 3.3 Himpunan keanggotaan suhu .....	21
Gambar 3.4 Himpunan keanggotaan bunyi alarm .....	22
Gambar 3.5 Himpunan keanggotaan selisih suhu.....	23
Gambar 3.6 Himpunan keanggotaan <i>output</i> kerusakan heater .....	24
Gambar 3.7 Himpunan keanggotaan output kerusakan sensor.....	25
Gambar 3.8 Himpunan keanggotaan output kerusakan alarm .....	26
Gambar 3.9 Desain halaman data alat.....	30
Gambar 3.10 Desain halaman hasil fuzzifikasi.....	31
Gambar 3.11 Desain halaman hasil diagnosa .....	31
Gambar 3.12 Rancangan algoritma sistem pakar.....	31
Gambar 3.13 Diagram konteks .....	32
Gambar 3.14 Data flow diagram.....	33
Gambar 4.1 Hasil rules fuzzy.....	41
Gambar 4.2 Halaman data alat.....	42
Gambar 4.3 Halaman hasil fuzzifikasi suhu .....	43
Gambar 4.4 Halaman hasil fuzzifikasi alarm.....	43
Gambar 4.5 Halaman hasil fuzzifikasi selisih suhu .....	44
Gambar 4.6 Hasil analisa kerusakan .....	44

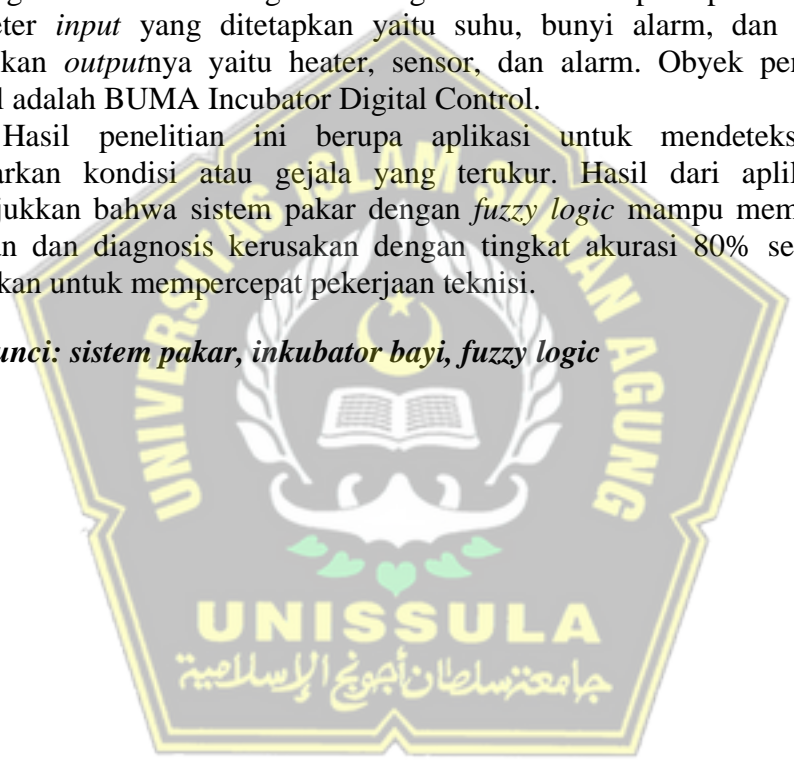
## ABSTRAK

Sebagai sumber daya pendukung pelayanan kesehatan masyarakat, pengelolaan alat elektromedik harus dilakukan dengan cepat, akurat, dan terintegrasi agar fungsi, keselamatan, keamanan, dan manfaat dapat dioptimalkan. Hal ini dapat dilakukan salah satunya dengan diagnosa kerusakan yang cepat dan akurat. Sebagai contoh alat elektromedik yang ada di pelayanan Kesehatan adalah inkubator bayi.

Penelitian ini membahas tentang sistem pakar untuk mendeteksi kerusakan alat elektromedik khususnya inkubator bayi dengan metode *fuzzy logic*. *Fuzzy logic* digunakan untuk mengetahui diagnosa kerusakan pada part inkubator bayi. Parameter *input* yang ditetapkan yaitu suhu, bunyi alarm, dan selisih suhu. Sedangkan *output*nya yaitu heater, sensor, dan alarm. Obyek penelitian yang diambil adalah BUMA Incubator Digital Control.

Hasil penelitian ini berupa aplikasi untuk mendeteksi kerusakan berdasarkan kondisi atau gejala yang terukur. Hasil dari aplikasi tersebut menunjukkan bahwa sistem pakar dengan *fuzzy logic* mampu memberikan nilai keluaran dan diagnosis kerusakan dengan tingkat akurasi 80% sehingga dapat diterapkan untuk mempercepat pekerjaan teknisi.

***Kata kunci: sistem pakar, inkubator bayi, fuzzy logic***



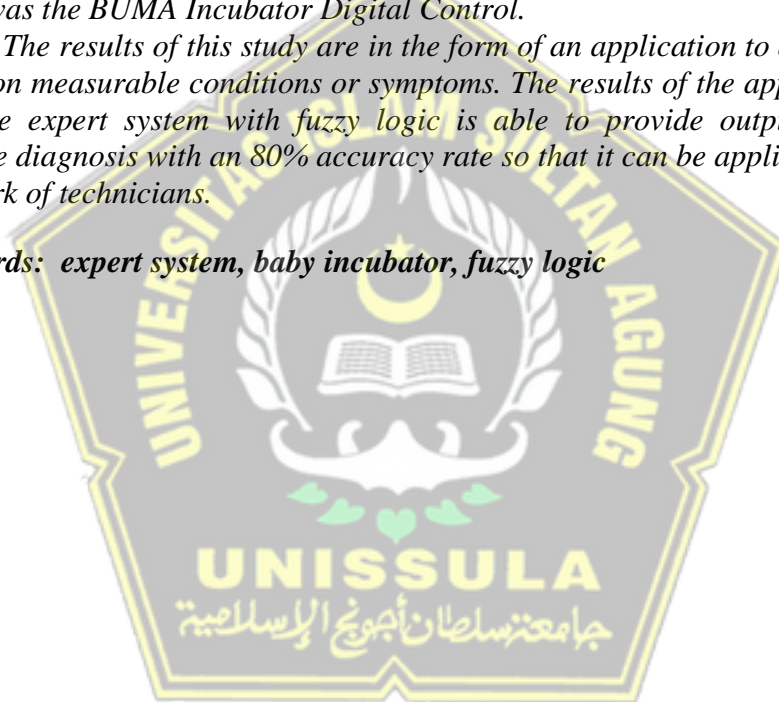
## **ABSTRACT**

*As a supporting resource for public health services, the management of electromedical devices must be carried out quickly, accurately, and integrated so that function, safety, security, and benefits can be optimized. This can be done one of them with fast and accurate diagnosis of damage. For example, electromedicine devices in health services are baby incubators.*

*This research discusses an expert system to detect damage to electromedical devices, especially baby incubators using the fuzzy logic method. Fuzzy logic is used to determine the diagnosis of damage to baby incubator parts. The input parameters set are temperature, alarm sound, and temperature difference. While the output is a heater, sensor, and alarm. The object of research taken was the BUMA Incubator Digital Control.*

*The results of this study are in the form of an application to detect damage based on measurable conditions or symptoms. The results of the application show that the expert system with fuzzy logic is able to provide output values and damage diagnosis with an 80% accuracy rate so that it can be applied to speed up the work of technicians.*

**Keywords:** *expert system, baby incubator, fuzzy logic*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Fasilitas pelayanan kesehatan seperti rumah sakit, puskesmas, klinik, dan fasilitas kesehatan lainnya membutuhkan dukungan sumber daya untuk menyediakan layanan kesehatan bagi masyarakat. Dukungan sumber daya ini salah satunya adalah alat kesehatan. Alat kesehatan dikelompokkan menjadi 3 (tiga) kelompok sesuai Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 118/MENKES/SK/IV/2014 yaitu alat kesehatan elektromedik, alat kesehatan non elektromedik, dan produk diagnostik in vitro.[1]

Menurut Permenkes RI nomor 220/Men.Kes/Per/IX/1976, yang dimaksud dengan alat kesehatan adalah barang, instrument aparat atau alat termasuk tiap komponen, bagian atau perlengkapan yang diproduksi, dijual atau dimaksudkan untuk digunakan dalam penelitian dan perawatan kesehatan, diagnosis penyembuhan, peringatan atau pencegahan penyakit, kelainan keadaan badan atau gejalanya pada manusia. [2] Sedangkan alat elektromedik adalah alat kesehatan yang menggunakan catu daya listrik. Dalam Keputusan Bersama Menteri Kesehatan dan Badan Kepegawaian Negara Nomor 717/Menkes/SKB/V/2003, alat elektromedik diklasifikasikan berdasarkan 3 (tiga) tingkatan teknologi yaitu teknologi sederhana, menengah, dan tinggi.

Sebagai sumber daya pendukung pelayanan kesehatan masyarakat, pengelolaan alat elektromedik harus dilakukan dengan cepat, akurat, dan terintegrasi agar fungsi, keselamatan, keamanan, dan manfaat dapat dioptimalkan. Pengelolaan alat elektromedik tersebut diatur dalam Permenkes RI Nomor 65 Tahun 2016 tentang Standar Pelayanan Elektromedik. [3]

Apriansyah (2012) melakukan penelitian tentang sistem manajemen pemeliharaan alat elektromedik di RS Pertamina Jaya. Hasil penelitiannya menyebutkan bahwa sistem manajemen pemeliharaan alat elektromedik perlu dianalisis lebih lanjut untuk mengantisipasi resiko beban kerja pemeliharaan serta



pendokumentasian capaian efektifitas dan efisiensi kegiatan pemeliharaan alat elektromedik.[4]

Firmansyah, Utomo, dan Mak'ruf (2016) dalam hasil penelitiannya menyebutkan bahwa sistem informasi pengelolaan peralatan medik berbasis web untuk analisis *respon time* data layanan komplain telah mampu mengatasi masalah ketersediaan, kesesuaian, kelengkapan, keakuratan, dan ketepatan waktu informasi tentang laporan *Response Time*. Namun sistem informasi yang dikembangkan masih memiliki kekurangan yaitu data yang disajikan belum lengkap. Seperti data laporan usulan penghapusan dan laporan analisa suku cadang. Penelitian ini hanya menganalisis repon time terhadap kerusakan alat elektromedik, sehingga tidak bisa digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan secara tepat dan terintegrasi.[5]

Sistem informasi pengelolaan alat elektromedik seperti yang dikembangkan oleh Firmansyah, Utomo, dan Mak'ruf (2016) belum dapat diterapkan untuk mendeteksi kerusakan pada alat elektromedik.[5] Maka dalam penelitian ini akan dibuat sistem pakar untuk deteksi kerusakan alat elektromedik khususnya inkubator bayi dengan metode *fuzzy logic*. Sistem pakar ini akan dikembangkan dengan pemrograman PHP.

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah sistem pakar yang dapat mendeteksi kerusakan alat elektromedik khususnya inkubator bayi secara akurat. Sistem pakar tersebut selanjutnya dapat membantu teknisi dalam mendeteksi kerusakan dan sebagai pertimbangan dalam pengambilan keputusan untuk tindakan yang akan dilakukan secara tepat dan terintegrasi.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana menerapkan sistem pakar untuk mendeteksi kerusakan inkubator bayi secara cepat
2. Bagaimana meningkatkan akurasi hasil deteksi kerusakan inkubator bayi menggunakan sistem pakar

### **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Parameter kerusakan yang diamati dalam penelitian ini adalah suhu dan alarm
2. Jenis inkubator bayi yang diteliti adalah BUMA Incubator Digital Control

### **1.4. Maksud dan Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan membangun sistem pakar untuk mendeteksi kerusakan inkubator bayi
2. Meningkatkan akurasi sistem pakar untuk mendeteksi kerusakan inkubator bayi berbasis *fuzzy logic*

### **1.5. Kontribusi Tesis**

Pada penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan dan Merlina (2015), sistem pakar dikembangkan untuk memberikan hasil diagnosa kerusakan pada mobil ayla menggunakan metode forward chaining. Hasil penelitian ini belum bisa memberikan saran perbaikan pada bagian yang didiagnosa mengalami kerusakan. Begitu pula pada penelitian yang dilakukan oleh Putri dan Suhendra (2016), sistem pakar hanya memberikan hasil deteksi kerusakan AC, belum memberikan saran berupa tindakan perbaikan untuk membantu pengambilan keputusan.

Penelitian yang dilakukan oleh Tullah, Mustafa, dan Rochim (2019) menghasilkan sistem pakar yang memudahkan pasien maupun tenaga medis dalam deteksi penyakit diabetes dengan cepat dan tepat menggunakan metode *fuzzy logic* sugeno. Namun sistem pakar ini belum diterapkan ke aplikasi berbasis android.

Firmansyah, Utomo, dan Mak'ruf (2015) melakukan penelitian dengan hasil sistem informasi pengelolaan peralatan medik yang memberikan analisis

respon time dan data layanan komplain. Namun sistem informasi tersebut tidak bisa digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan alat.

Berdasarkan keterangan dari jurnal dalam keaslian penelitian, metode *fuzzy logic* belum diterapkan dalam pembuatan sistem pakar untuk deteksi kerusakan alat elektromedik. Oleh karena itu, kontribusi penelitian ini adalah menerapkan metode *fuzzy logic* untuk deteksi kerusakan inkubator bayi.



## BAB II KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka pada penelitian ini berdasarkan beberapa penelitian terdahulu dengan karakteristik yang relatif sama dalam hal tema dan metode yang digunakan. Rangkuman hasil penelitian sebelumnya dapat di lihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka**

No	Judul	Author	Metode	Kelebihan	Kekurangan
1.	Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Paru-Paru Menggunakan Metode <i>Forward Chaining</i> [6]	Esti Rahmawati Hari Wibawanto	<i>Forward Chaining</i>	Dapat mendiagnosis penyakit paru-paru berdasarkan gejalanya	Belum memberikan informasi tentang penyakit hasil diagnosis
2.	Sistem Pakar Berbasis Web dengan Menggunakan Metode <i>Forward Chaining</i> untuk Mendiagnosa Kerusakan Mobil Daihatsu Ayla[7]	Setiadi Kurniawan Nita Merlina	<i>Forward Chaining</i> , wawancara	Dapat memberikan hasil 5angkah5 kerusakan pada mobil ayla	Diagnosa hanya terbatas pada mobil ayla. Tidak terdapat saran perbaikan pada bagian yang didiagnosa mengalami kerusakan.
3.	Sistem Pakar untuk Mendeteksi Kerusakan <i>Air Conditioner</i> Menggunakan Metode <i>Forward Chaining</i> Berbasis Web[8]	Anggia Dasa Putri Dedy Suhendra	<i>Forward Chaining</i> , model <i>production rule</i> Metode pengumpulan data : wawancara dan studi literatur	Memberikan hasil deteksi kerusakan AC untuk membantu teknisi dalam mengambil keputusan selanjutnya	Tidak memberikan saran berupa 5angkah5 perbaikan atas kerusakan yang terdeteksi
4.	Sistem Pakar berbasis Web dan Mobile Web untuk Mendiagnosis Penyakit Darah	Muhammad Silmi Eko Adi Sarwoko Kushartantya	Metode inferensi <i>forward chaining</i>	Penggunaan aplikasi yang fleksibel karena dapat digunakan di web maupun mobile.	Belum ada data dari hasil laboratorium sehingga hasilnya kurang spesifik.

No	Judul	Author	Metode	Kelebihan	Kekurangan
	pada Manusia dengan menggunakan Metode <i>Inferensi Forward Chaining</i> [9]			Dapat dilakukan olah data pada sistem oleh administrator sehingga dapat menambahkan <i>rule</i> baru.	
5.	Pembuatan Aplikasi Sistem Pakar Berbasis Web untuk Diagnosis Penyakit Infeksi yang Disebabkan oleh Bakteri dan Virus[10]	Intan Meutia Sari Farid Thalib	<i>Forward chaining</i>	Memberikan hasil diagnosa awal suatu penyakit dan memberikan informasi mengenai definisi, pengobatan serta pencegahannya.	Belum terdapat data hasil laboratorium agar diagnosa menjadi lebih tepat dan akurat.
6.	Aplikasi Sistem Pakar untuk Diagnosa Kerusakan BTS (Base Transceiver Station) di PT. Indosat, Tbk Kediri Menggunakan Metode <i>Forward Chaining</i> [11]	Erwan Prastyo Wibowo	<i>Forward chaining</i>	Memberikan hasil diagnosa <i>troubleshooting</i> BTS dengan cepat dan informasi cara memperbaikinya.	Data gejala dan kerusakan kurang lengkap
7.	Aplikasi <i>Decision Support</i> Sistem untuk <i>Troubleshooting</i> pada Operasional Genset di Kapal[12]	Untung Budiarto	Studi literatur dan wawancara	Mempercepat kinerja operator mesin dalam membuat keputusan	Sistem informasi belum dilengkapi dengan FAQ
8.	Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Stroke dengan Metode <i>Fuzzy logic</i> [13]	Galuh Endri Irawan Yogie Susdyastama Outra	<i>Fuzzy logic</i> , wawancara, studi literatur	Memberikan diagnosis penyakit stroke beserta solusi berdasarkan status resikonya	Belum ada informasi pencegahan dan pengobatan yang dibedakan dosisnya
10.	Sistem Pakar Pendeteksi Penyakit Diabetes	Rahmat Tullah Siti Maisaroh	<i>Fuzzy logic Sugeno</i>	Memudahkan pasien, dokter maupun tenaga medis dalam	Belum diterapkan ke aplikasi berbasis android



No	Judul	Author	Metode	Kelebihan	Kekurangan
	Mellitus Menggunakan Algoritma <i>Fuzzy logic Takagi Sugeno Kang</i> [15]	Mustafa Abdul Rochim		mendeteksi penyakit diabetes dengan cepat dan tepat	
11.	Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Hati Menggunakan Metode <i>Fuzzy Tsukamoto</i> Berbasis Android[16]	Achmad Igaz Falatehan Nurul Hidayat Komang Candra Brata	<i>Fuzzy Tsukamoto</i>		
12.	Aplikasi Sistem Pakar untuk Mendiagnosis Gangguan pada Generator Set Berbeban[17]	Irfan Sanusi Bambang Trisno Maman Somantri	Wawancara	Memberikan solusi untuk mengatasi penyebab terjadinya kerusakan pada genset berbeban	Belum berbasis web sehingga membutuhkan MS Access untuk membuka data
13.	Sistem Pakar Deteksi Kerusakan Mesin Sepeda Motor Non Matic dengan Menggunakan Metode <i>Forward Chaining</i> Berbasis Web[18]	Yufi Tuesriza Qussay Rizhain Malikus Sumadyo	Forward Chaining Wawancara dengan montir Studi literatur	Memberikan hasil deteksi kerusakan sepeda motor non matic	Desain <i>user interface</i> kurang menarik. Masih perlu penambahan data agar lebih akurat.
14.	<i>EXCOMP: Expert Sistem for Diagnosing Computer Malfunction and Giving Advice to Repair It</i> [19]	Hindayati Mustafidah Hendrik Prawijaya Dwi Aryanto	Wawancara dan studi literatur	Memberikan konsultasi mengenai gejala yang terjadi pada computer dan memberikan diagnosa yang bisa dilakukan.	Belum mencakup bagian computer secara menyeluruh.
15.	Sistem Informasi Pengelolaan Peralatan Medik (Analisis Respon Time Data Layanan Komplain)[5]	Ari Firmansyah Bedjo Utomo M. Ridha Mak'ruf		Memberikan analisis respon time data layanan komplain telah mampu mengatasi masalah	Data yang disajikan belum lengkap, tidak bisa digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan secara tepat dan

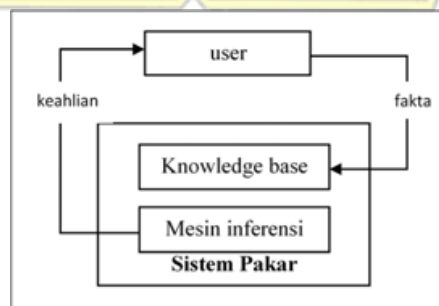
No	Judul	Author	Metode	Kelebihan	Kekurangan
				ketersediaan, kesesuaian, kelengkapan, keakuratan, dan ketepatan waktu informasi tentang laporan Response Time	terintegrasi

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1 Sistem Pakar

Sistem pakar salah satu bidang kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) yang didefinisikan sebagai sebuah program yang dirancang untuk mengambil keputusan seperti sebuah keputusan halnya seorang pakar ahli, dimana dalam mengambil keputusan tersebut digunakan pengetahuan (*knowledge base*), fakta dan cara berfikir dalam menyelesaikan masalah-masalah yang biasanya hanya dapat diselesaikan oleh seorang pakar.

Dalam pengembangan suatu sistem pakar, pengetahuan (*knowledge base*) berasal dari seorang ahli atau merupakan pengetahuan yang diambil dari media seperti majalah, buku, jurnal, dan yang lain. Kemudian dalam sistem pakar pengetahuan bersifat khusus hanya untuk satu domain masalah khusus tertentu saja. Semakin banyak sumber ilmu pengetahuan yang dimasukkan kedalam sistem pakar maka akan semakin baik dalam bertindak dan mengambil solusi sehingga hamper menyerupai pakar sebenarnya.



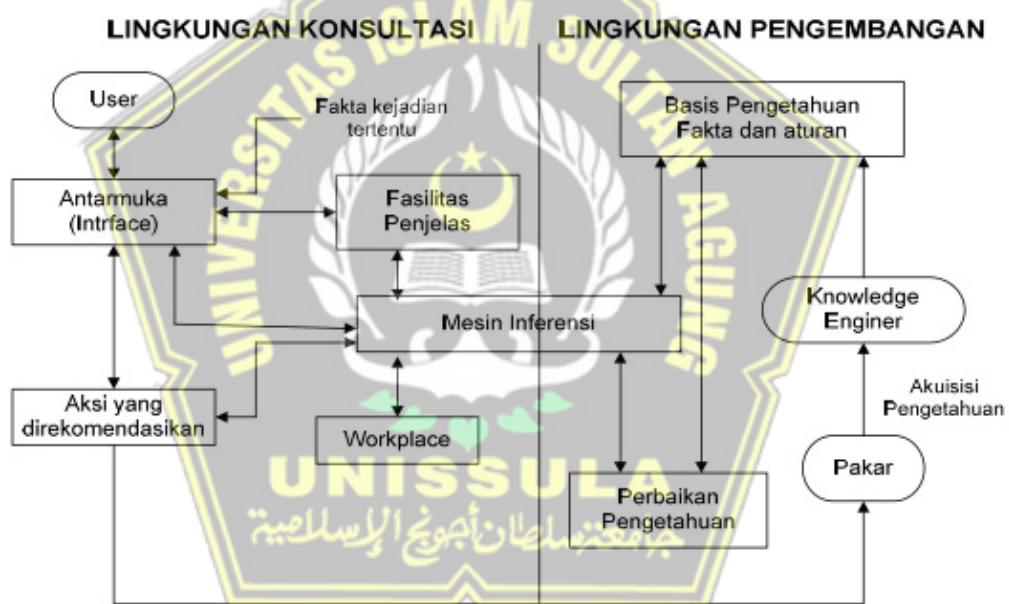
**Gambar 2.1 Konsep sistem pakar**

Gambar 2.1 diatas merupakan konsep dasar sistem pakar, dimana user menyampaikan informasi berdasarkan fakta yang sebenarnya kepada sistem

pakar, kemudian informasi tersebut akan dimasukkan kedalam basis *knowledge base* dan diolah dengan mesin inferensi (mekanisme inferensi), sehingga sistem akan memberikan respon berupa keahlian atau jawaban berdasarkan pengetahuan yang dimilikinya.

Tujuan dari sistem pakar adalah mentransfer kepakaran yang dimiliki seorang pakar kedalam sebuah :

1. *Knowledge Acquisition* (dari pakar atau sumber lain).
2. *Knowledge Representation* (kedalam kompuer).
3. *Knowledge Inferencing* (lakukan inferensi pengetahuan).
4. *Knowledge Transferring* (pengalihan pengetahuan ke user).



**Gambar 2.2** Arsitektur sistem pakar

Gambar 2.2 merupakan gambar arsitektur sistem pakar. Komponen-komponen yang terdapat pada arsitektur sistem pakar tersebut terdiri dari antarmuka pemakai, basis pengetahuan: fakta dan aturan, akuisisi pengetahuan, mekanisme inferensi, *workplace*, fasilitas penjelasan, perbaikan pengetahuan.

Basis Pengetahuan adalah bagian dari sebuah sistem pakar yang menyimpan pengetahuan (*domain knowledge*). Basis pengetahuan yang terkandung dalam sistem pakar berbeda antara satu dengan yang lainnya, tergantung dari bidang kepakaran sistem yang dibangun. *Inference engine*

bertugas mencari padanan antara fakta yang ada didalam *working memory* dengan fakta-fakta tentang *domain knowledge* tertentu yang ada didalam basis pengetahuan, selanjutnya *inference engine* akan menarik / mengambil kesimpulan dari masalah yang diajukan kepada sistem. Antarmuka pemakai memberikan fasilitas komunikasi antara pemakai dan sistem, memberikan berbagai fasilitas informasi dan berbagai keterangan yang bertujuan untuk diarahkan alur penelusuran masalah sampai ditemukan solusi. Akuisisi pengetahuan adalah proses untuk mengumpulkan data pengetahuan dari sumber pengetahuan (berasal dari pakar sebenarnya atau media) ke dalam mesin inferensi.

### **2.3. Fuzzy**

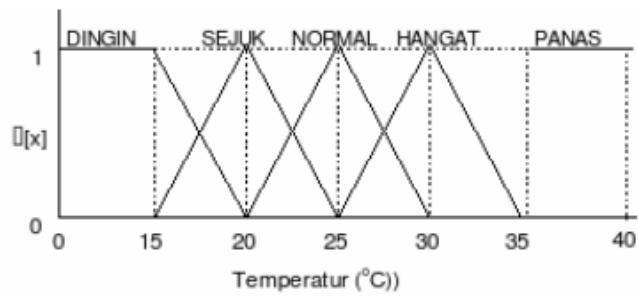
#### **2.3.1 Logika Fuzzy**

Logika *fuzzy* diperkenalkan pertama kali oleh Prof. Lotfi A. Zadeh dari Universitas California pada tahun 1965. Zadeh berpendapat bahwa nilai benar dan salah dalam logika konvensional tidak mampu mengatasi masalah gradasi yang tidak terhingga pada dunia nyata. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, Zadeh kemudian mengembangkan teori himpunan *fuzzy*. Tidak seperti logika yang hanya memiliki dua nilai yaitu benar dan salah, logika *fuzzy* mempunyai nilai yang kontinu. Nilai benar atau salah pada logika *fuzzy* tidak mutlak, tergantung dari derajat keanggotaan yang dimilikinya, yaitu dalam rentang 0 hingga 1, sehingga pada waktu yang bersamaan suatu keadaan dapat dikatakan benar dan salah. Maka dari itu peranan derajat keanggotaan sangatlah penting dan menjadi ciri khas dari penalaran *fuzzy*. [23]

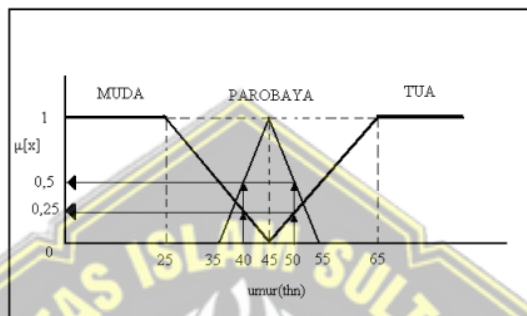
#### **2.3.2 Himpunan Fuzzy**

Dalam teori logika *fuzzy* dikenal himpunan *fuzzy* (pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel bahasa (dinyatakan dalam fungsi keanggotaan). Di dalam semesta pembicaraan (*discourse*), fungsi keanggotaan dari suatu himpunan *fuzzy* tersebut bernilai 0 sampai dengan 1.

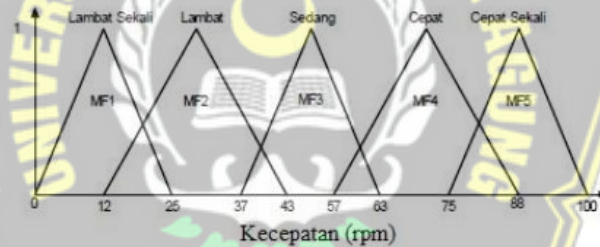
Contoh dari himpunan variabel bahasa antara lain pada Gambar 2.3, 2.4, dan 2.5 sebagai berikut.



**Gambar 2.3 Contoh keanggotaan himpunan temperatur atau suhu**



**Gambar 2.4 Contoh keanggotaan himpunan umur**



**Gambar 2.5 Contoh keanggotaan himpunan kecepatan**

### 2.3.3 Fungsi keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi.

Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan:

1. Representasi Linear

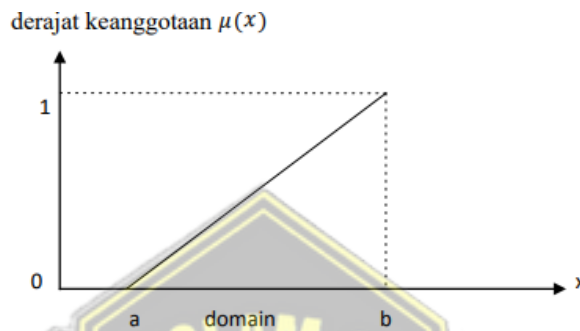
Pada representasi linear, pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus.



Ada 2 keadaan himpunan *fuzzy* yang linear, yaitu:

a. Representasi linear naik

Kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi seperti pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6 Representasi linear naik**

Fungsi keanggotaan dirumuskan dalam persamaan (2.1):

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

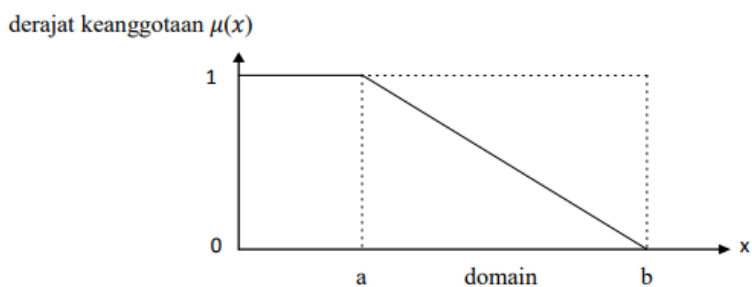
Dimana :

x = nilai keanggotaan yang dibahas

a = nilai anggota terendah

b = nilai anggota tertinggi

Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah seperti pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7 Representasi linear turun**

Fungsi keanggotaan dirumuskan dalam persamaan (2.2):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1 & ; x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ 0 & ; \geq b \end{cases} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

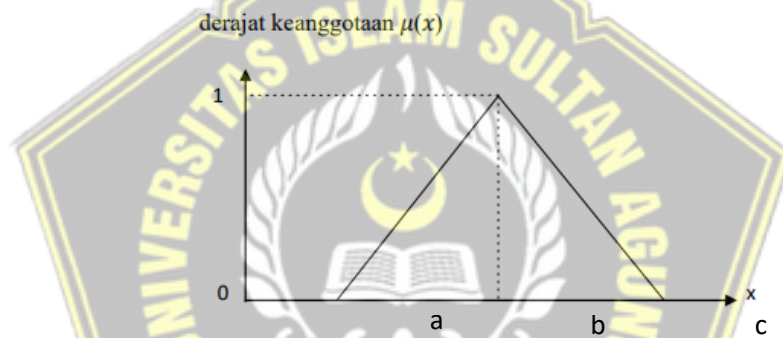
x = nilai keanggotaan yang dibahas

a = nilai anggota terendah

b = nilai anggota tertinggi

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear).



**Gambar 2.8 Representasi kurva segitiga**

Fungsi keanggotaan dirumuskan dalam persamaan (2.3):

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & ; b \leq x \leq c \\ 1 & ; x = b \end{cases} \dots\dots\dots (2.3)$$

**2.3.4 Sistem Inferensi Fuzzy**

Salah satu aplikasi logika fuzzy yang telah berkembang sangat luas dewasa ini adalah sistem inferensi fuzzy, yaitu sistem komputasi yang bekerja atas dasar prinsip penalaran fuzzy, seperti halnya manusia melakukan penalaran dengan nalurinya. Misalnya penentuan produksi barang, sistem pendukung keputusan, sistem klasifikasi data, sistem pakar, sistem pengenalan pola, robotika, dan sebagainya.

Pada dasarnya sistem inferensi fuzzy terdiri dari empat unit, yaitu:

1. Unit fuzzifikasi
2. Unit penalaran logika *fuzzy*
3. Unit basis pengetahuan, yang terdiri dari dua bagian:
  - a. Basis data, yang memuat fungsi-fungsi keanggotaan dari himpunan-himpunan *fuzzy* yang terkait dengan nilai dari variabel-variabel linguistik yang dipakai.
  - b. Basis aturan, yang memuat aturan-aturan berupa implikasi *fuzzy*.
4. Unit defuzzifikasi (unit penegasan).

Pada sistem inferensi *fuzzy*, nilai-nilai masukan tegas dikonversikan oleh unit fuzzifikasi ke nilai *fuzzy* yang sesuai. Hasil pengukuran yang telah difuzzikan itu kemudian diproses oleh unit penalaran, yang dengan menggunakan unit basis pengetahuan, menghasilkan himpunan-himpunan *fuzzy* sebagai keluarannya. Langkah terakhir dikerjakan oleh unit defuzzifikasi yaitu menerjemahkan himpunan keluaran itu ke dalam nilai yang tegas. Nilai tegas inilah yang kemudian direalisasikan dalam bentuk suatu tindakan yang dilaksanakan dalam proses itu.

Pada umumnya ada 3 metode sistem inferensi *fuzzy* yang digunakan dalam logika *fuzzy*, yaitu: Metode Tsukamoto, Mamdani, dan Sugeno.

1. Metode Tsukamoto

Metode Tsukamoto merupakan perluasan dari penalaran monoton. Setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk JIKA-MAKA harus dipresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, *output* hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (crisp) berdasarkan  $\alpha$ -predikat. Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot.

2. Metode Mamdani

Untuk metode ini, pada setiap aturan yang berbentuk implikasi (“sebab akibat”) anteseden yang berbentuk konjungsi (AND) mempunyai nilai keanggotaan berbentuk minimum (MIN), sedangkan konsekuen gabungannya berbentuk maksimum (MAX), karena himpunan aturan-aturannya bersifat independent (tidak saling bergantung).

### 3. Metode Sugeno

Penalaran dengan Metode Sugeno hampir sama dengan penalaran Mamdani, hanya saja *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985, sehingga metode ini sering dinamakan dengan Metode TSK.

#### 2.3.5 Metode *Fuzzy* Tsukamoto

Metode *fuzzy* Tsukamoto dalam mendapatkan *output* diperlukan 4 tahapan:

##### 1. Pembentukan himpunan *fuzzy*

Variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

##### 2. Aplikasi fungsi implikasi (aturan)

Fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

##### 3. Komposisi aturan

Pada metode Min, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai minimal aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator AND. Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi.

Secara umum dapat dituliskan seperti persamaan 2.4

$$\mu_s[x_i] = \mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i] \dots \dots \dots (2.4)$$

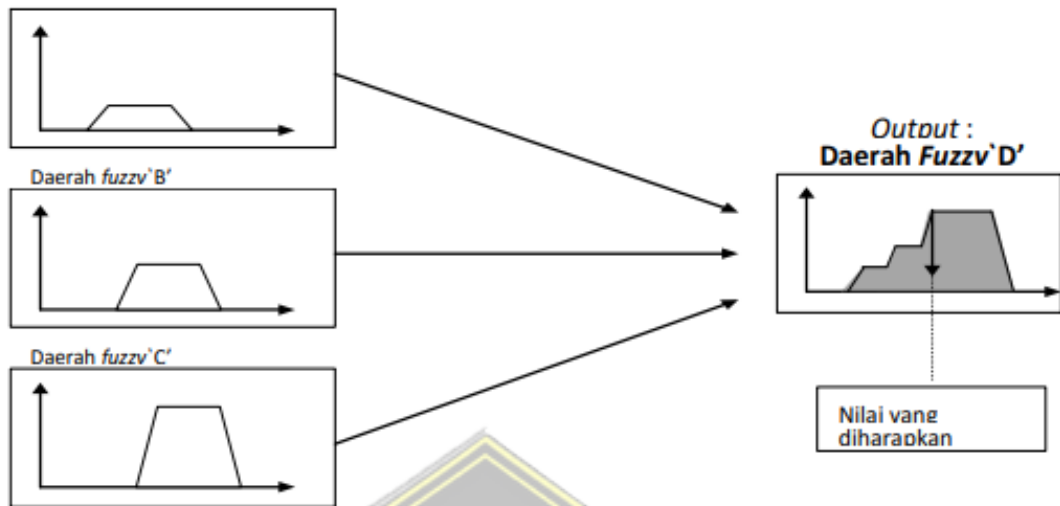
Dengan:

$\mu_s[x_i]$  = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke *i*

$\mu_k[x_i]$  = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke *i*.

##### 4. Defuzzyfikasi

*Input* dari proses defuzzyfikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan–aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai *output* seperti terlihat pada Gambar 2.9.



**Gambar 2.9 Proses defuzzyfikasi**

Defuzzifikasi dilakukan untuk mengembalikan nilai *fuzzy* menjadi nilai *crisp* kembali. Pada metode *fuzzy* Tsukamoto, defuzzifikasi menggunakan metode average (rata-rata) seperti pada persamaan (2.5)

$$z^* = \frac{\sum_i^n a_{predikat_i} \times z_i}{\sum_i^n a_{predikat_i}} \dots \dots \dots (2.5)$$



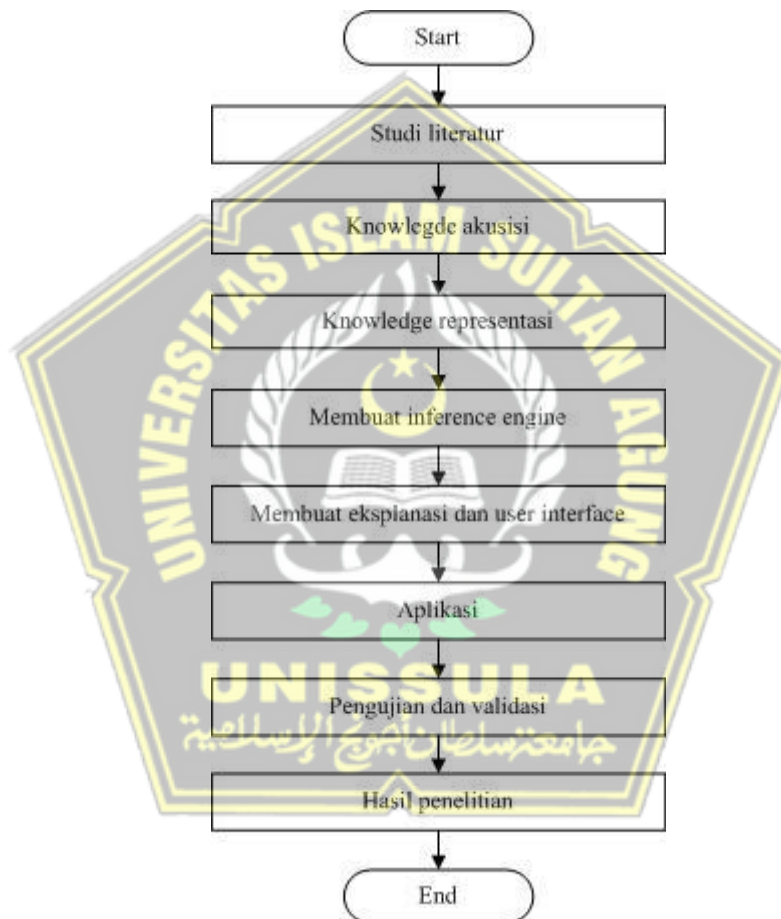


## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

#### 3.1.1. Langkah Penelitian

Langkah-langkah pembuatan sistem pakar deteksi kerusakan inkubator bayi menggunakan metode *fuzzy logic* ditunjukkan pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1 Flowchart diagram Langkah-langkah penelitian**

Pada penelitian ini dilakukan studi literatur untuk memperoleh informasi tentang variabel-variabel yang akan diteliti yaitu inkubator bayi. Kerusakan yang menjadi focus penelitian adalah pada komponen heater, sensor, dan alarm dengan 3 (tiga) kondisi kerusakan yaitu suhu, bunyi alarm, dan selisih suhu terukur dan suhu di *display*.

*Knowledge akuisisi* dilakukan dengan wawancara pakar untuk mengetahui gejala-gejala kerusakan dan jenis kerusakannya. Standar parameter normal untuk suhu antara 31-34C. Standar parameter normal untuk bunyi alarm antara 60-80db. Sedangkan selisih suhu terukur dan suhu di *display* diberi rentang 0-1,5. Gejala-gejala dan jenis kerusakan kemudian direpresentasikan ke dalam bentuk tabel.

Penelitian ini menggunakan metode *fuzzy logic* untuk menentukan nilai pakar dan penarikan kesimpulan. Kemudian dapat dibuat desain aplikasi untuk menentukan jenis kerusakan inkubator bayi.

### 3.2 Alat Pendukung dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Perangkat Keras
  - Processor AMD Ryzen 3 3200U with Radeon Vega Mobile Gfx 2.60 GHz
  - RAM 8,00 GB
  - Koneksi internet
  - Mouse
2. Perangkat lunak
  - *Operating sistem*: windows 10
  - *Software* pendukung : webservice
  - PHP sebagai Bahasa pemrograman
  - *Database* My SQL
  - Web Browser

### 3.3 Teknik Pengumpulan Data

#### 3.3.1. Data kondisi dan diagnosa kerusakan

Kondisi atau gejala kerusakan pada inkubator bayi pada penelitian ini yaitu suhu, alarm, dan selisih suhu. Adapun himpunan *fuzzy* untuk masing-masing kondisi kerusakan inkubator bayi ditentukan berdasarkan hasil wawancara dengan pakar seperti pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Tabel kondisi**

Kode	Variabel	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Domain
G1	Suhu	Rendah	$\leq 31^{\circ}\text{C}$
		Sedang	30-34 $^{\circ}\text{C}$
		Tinggi	$\geq 33^{\circ}\text{C}$
G2	Bunyi alarm	Rendah	0 – 50dB
		Sedang	30 – 80dB
		Tinggi	60 – 100dB
G3	selisih suhu	Rendah	0 – 1
		Sedang	0,5 – 1,5
		Tinggi	>1

Variabel *input* suhu (G1) merupakan nilai suhu dalam inkubator yang diukur menggunakan thermometer digital. Variabel bunyi alarm (G2) merupakan ukuran kerasnya bunyi alarm inkubator bayi pada keadaan tertentu yang besarnya diukur menggunakan decibel meter. Variabel selisih suhu (G3) merupakan selisih antara suhu yang tertera pada *display* dengan suhu hasil pengukuran menggunakan thermometer. Variabel suhu, bunyi alarm, dan selisih suhu dikelompokkan dalam 3 (tiga) himpunan *fuzzy* yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Nilai domain pada masing-masing himpunan diperoleh dari hasil wawancara dengan pakar berdasarkan prosedur dalam proses quality control yang berlaku untuk produk inkubator bayi.

Sedangkan data part yang akan didiagnosa kerusakannya adalah heater, sensor, dan alarm. Part-part tersebut dipilih karena merupakan komponen inti dari inkubator bayi, yang fokus untuk pengaturan suhu namun rentan mengalami kerusakan. Adapun himpunan *fuzzy* untuk ketiga part tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2 Data kerusakan**

Kode	Variabel	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Domain
K1	Heater	Tidak teridentifikasi kerusakan	0 – 50%
		Tidak rusak	25 – 75%
		Rusak	50 – 100%
K2	Sensor	Tidak teridentifikasi kerusakan	0 – 50%
		Tidak rusak	25 – 75%
		Rusak	50 – 100%
K3	Alarm	Tidak teridentifikasi kerusakan	0 – 50%
		Tidak rusak	25 – 75%
		Rusak	50 – 100%

### 3.3.2. Data hasil pengukuran kondisi inkubator bayi

Pada Tabel 3.3 merupakan data hasil pengukuran kondisi 20 unit inkubator bayi yang masuk ke proses quality control. Besaran suhu diukur menggunakan thermometer, bunyi alarm diukur menggunakan decibel meter, dan selisih suhu dilihat secara manual dengan mengurangkan suhu pada *display* dengan suhu terukur.

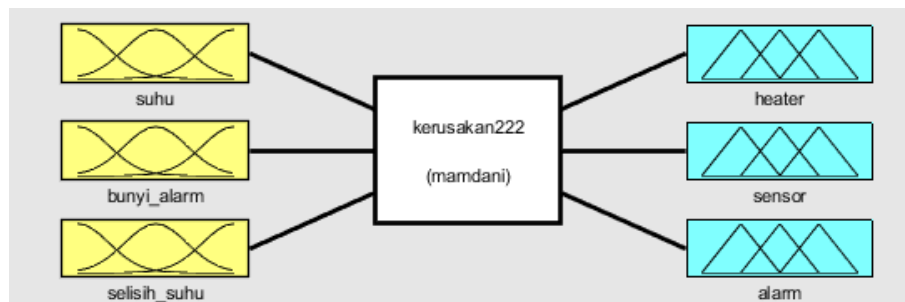
**Tabel 3.3 Hasil pengukuran kondisi inkubator bayi**

No	Suhu (°C)	Bunyi alarm (dB)	$\Delta$ suhu (°C)
1	30,70	20,0	0,60
2	29,93	61,7	1,99
3	31,04	98,7	0,59
4	29,97	80,4	1,60
5	30,14	20,0	0,26
6	32,14	20,0	0,57
7	30,66	60,0	0,18
8	33,04	90,7	1,92
9	35,71	78,7	1,56
10	30,45	87,8	1,51
11	33,74	53,8	0,55
12	32,71	77,3	1,34
13	31,14	48,5	1,70
14	36,93	90,7	0,42
15	30,30	83,2	1,54
16	27,20	76,0	0,49
17	33,84	91,4	0,61
18	35,36	21,3	0,88
19	36,04	72,3	0,11
20	35,07	34,1	0,86

## 3.4 Fuzzy Inference System (FIS)

### 3.4.1 Fuzzyfikasi

Tahap pertama dalam FIS adalah *fuzzyfikasi*, yaitu pembentukan fungsi keanggotaan. Gambar 3.2 menunjukkan diagram fuzzifikasi dimana terdapat 3 (tiga) *input* yaitu suhu, bunyi alarm, dan selisih suhu. Serta terdapat 3 (tiga) *output* yaitu heater, sensor, dan alarm.

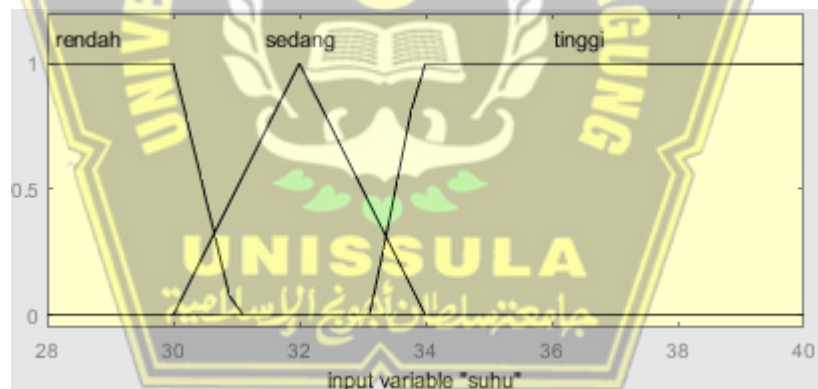


**Gambar 3.2 Diagram fuzzyfikasi**

### 3.4.2 Fungsi keanggotaan

#### 1. Fungsi keanggotaan suhu (G1)

Fungsi keanggotaan suhu terukur berdasarkan observasi di lapangan dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu rendah atau 1 apabila suhu  $<30^{\circ}\text{C}$ , sedang apabila suhu  $32^{\circ}\text{C}$ , dan tinggi apabila suhu  $>34^{\circ}\text{C}$ . Berdasarkan range yang ditetapkan oleh pakar, maka dipilih kombinasi kurva trapesium dan segitiga untuk menggambarkan himpunan keanggotaannya.



**Gambar 3.3 Himpunan keanggotaan suhu**

Adapun nilai  $\mu$  atau derajat keanggotaan suhu dinyatakan dalam fungsi sebagai berikut berdasarkan persamaan (2.1), (2.2), dan (2.3).

$$\mu_{G1rendah}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \geq 31 \\ \frac{31 - x}{31 - 30} & ; 30 \leq x \leq 31 \\ 1 & ; x \leq 30 \end{cases}$$

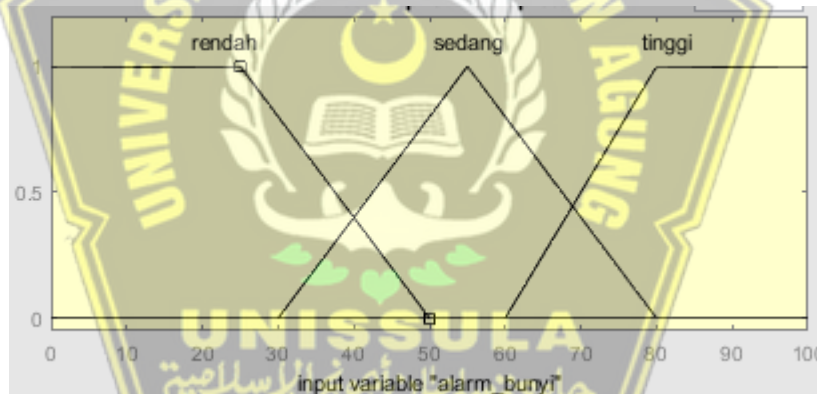


$$\mu_{G1sedang}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 31 \vee x \geq 34 \\ \frac{x - 30}{32 - 30} & ; 30 \leq x \leq 32 \\ \frac{34 - x}{34 - 32} & ; 32 \leq x \leq 34 \\ 1 & ; x = 32 \end{cases}$$

$$\mu_{G1tinggi}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 33 \\ \frac{x - 33}{34 - 33} & ; 33 \leq x \leq 34 \\ 1 & ; x \geq 34 \end{cases}$$

2. Fungsi keanggotaan bunyi alarm (G2)

Fungsi keanggotaan bunyi alarm berdasarkan wawancara dengan pakar dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu rendah apabila bernilai <25dB, sedang apabila bernilai 55dB, dan tinggi apabila bernilai >80dB. Berdasarkan range yang ditetapkan oleh pakar, maka dipilih kombinasi kurva trapesium dan segitiga untuk menggambarkan himpunan keanggotaannya.



**Gambar 3.4 Himpunan keanggotaan bunyi alarm**

Adapun nilai  $\mu$  atau derajat keanggotaan bunyi alarm dinyatakan dalam fungsi sebagai berikut berdasarkan persamaan (2.1), (2.2), dan (2.3).

$$\mu_{G2rendah}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \geq 50 \\ \frac{50 - x}{50 - 25} & ; 25 \leq x \leq 50 \\ 1 & ; x \leq 25 \end{cases}$$

$$\mu_{G2sedang}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 30 \vee x \geq 80 \\ \frac{x - 30}{55 - 30} & ; 30 \leq x \leq 55 \\ \frac{55 - x}{80 - 55} & ; 55 \leq x \leq 80 \\ 1 & ; x = 55 \end{cases}$$

$$\mu_{G2tinggi}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 60 \\ \frac{x - 60}{80 - 60} & ; 60 \leq x \leq 80 \\ 1 & ; x = 80 \end{cases}$$

3. Fungsi keanggotaan selisih suhu terukur dan suhu di *display*

Fungsi keanggotaan selisih suhu terukur dan suhu di *display* berdasarkan wawancara dengan pakar dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu rendah apabila selisih <0,5, sedang apabila selisih bernilai 1, dan tinggi apabila selisih >1,5. Berdasarkan range yang ditetapkan oleh pakar, maka dipilih kombinasi kurva trapesium dan segitiga untuk menggambarkan himpunan keanggotaannya.



**Gambar 3.5 Himpunan keanggotaan selisih suhu**

Adapun nilai  $\mu$  atau derajat keanggotaan selisih suhu dinyatakan dalam fungsi sebagai berikut berdasarkan persamaan (2.1), (2.2), dan (2.3).

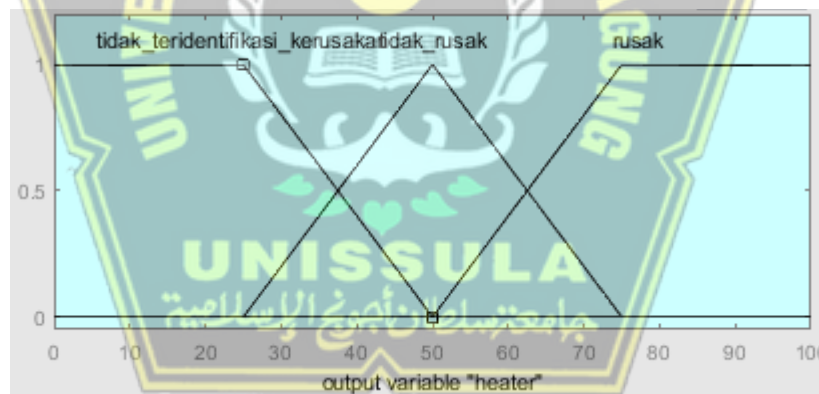
$$\mu_{G3rendah}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \geq 1 \\ \frac{1 - x}{1 - 0,5} & ; 0,5 \leq x \leq 1 \\ 1 & ; x \leq 0,5 \end{cases}$$

$$\mu_{G3sedang}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 0,5 \vee x \geq 1,5 \\ \frac{x - 0,5}{1 - 0,5} & ; 0,5 \leq x \leq 1 \\ \frac{1,5 - x}{1,5 - 1} & ; 1 \leq x \leq 1,5 \\ 1 & ; x = 1 \end{cases}$$

$$\mu_{G3tinggi}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 1 \\ \frac{1,5 - x}{1,5 - 1} & ; 1 \leq x \leq 1,5 \\ 1 & ; x \geq 1,5 \end{cases}$$

4. Fungsi keanggotaan *output*

Terdapat 3 (tiga) *output* kerusakan yang masing-masing diklasifikasikan ke dalam 3 (tiga) fungsi keanggotaan yaitu tidak teridentifikasi kerusakan apabila bernilai <25, tidak rusak apabila bernilai 50, dan rusak apabila bernilai >75 yang dapat dilihat pada Gambar 3.6, 3.7, dan 3.8. Berdasarkan range yang ditetapkan oleh pakar, maka dipilih kombinasi kurva trapesium dan segitiga untuk menggambarkan himpunan keanggotaannya.



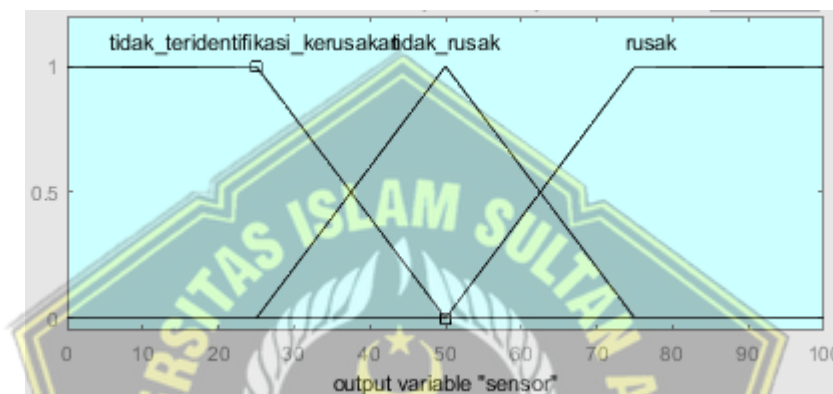
**Gambar 3.6 Himpunan keanggotaan *output* kerusakan heater**

Adapun nilai  $\mu$  atau derajat keanggotaan heater dinyatakan dalam fungsi sebagai berikut berdasarkan persamaan (2.1), (2.2), dan (2.3).

$$\mu_{TT}[z] = \begin{cases} 0 & ; z \geq 50 \\ \frac{50 - z}{50 - 25} & ; 25 \leq z \leq 50 \\ 1 & ; z \leq 25 \end{cases}$$

$$\mu_{TR}[z] = \begin{cases} 0 & ; z \leq 25 \vee z \geq 75 \\ \frac{z - 25}{50 - 25} & ; 25 \leq z \leq 50 \\ \frac{75 - z}{75 - 50} & ; 50 \leq z \leq 75 \\ 1 & ; z = 50 \end{cases}$$

$$\mu_{RS}[z] = \begin{cases} 0 & ; z \leq 50 \\ \frac{75 - z}{75 - 50} & ; 50 \leq z \leq 75 \\ 1 & ; z \geq 75 \end{cases}$$



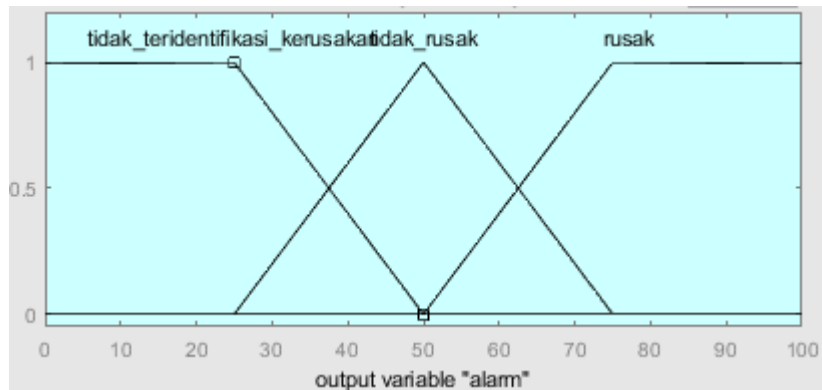
**Gambar 3.7 Himpunan keanggotaan output kerusakan sensor**

Adapun nilai  $\mu$  atau derajat keanggotaan sensor dinyatakan dalam fungsi sebagai berikut berdasarkan persamaan (2.1), (2.2), dan (2.3).

$$\mu_{TT}[z] = \begin{cases} 0 & ; z \geq 50 \\ \frac{50 - z}{50 - 25} & ; 25 \leq z \leq 50 \\ 1 & ; z \leq 25 \end{cases}$$

$$\mu_{TR}[z] = \begin{cases} 0 & ; z \leq 25 \vee z \geq 75 \\ \frac{z - 25}{50 - 25} & ; 25 \leq z \leq 50 \\ \frac{75 - z}{75 - 50} & ; 50 \leq z \leq 75 \\ 1 & ; z = 50 \end{cases}$$

$$\mu_{RS}[z] = \begin{cases} 0 & ; z \leq 50 \\ \frac{75 - z}{75 - 50} & ; 50 \leq z \leq 75 \\ 1 & ; z \geq 75 \end{cases}$$



**Gambar 3.8** Himpunan keanggotaan output kerusakan alarm

Adapun nilai  $\mu$  atau derajat keanggotaan alarm dinyatakan dalam fungsi sebagai berikut berdasarkan persamaan (2.1), (2.2), dan (2.3).

$$\mu_{TT}[z] = \begin{cases} 0 & ; z \geq 50 \\ \frac{50 - z}{50 - 25} & ; 25 \leq z \leq 50 \\ 1 & ; z \leq 25 \end{cases}$$

$$\mu_{TR}[z] = \begin{cases} 0 & ; z \leq 25 \vee z \geq 75 \\ \frac{z - 25}{50 - 25} & ; 25 \leq z \leq 50 \\ \frac{75 - z}{75 - 50} & ; 50 \leq z \leq 75 \\ 1 & ; z = 50 \end{cases}$$

$$\mu_{RS}[z] = \begin{cases} 0 & ; z \leq 50 \\ \frac{75 - z}{75 - 50} & ; 50 \leq z \leq 75 \\ 1 & ; z \geq 75 \end{cases}$$

### 3.4.3 Rule base fuzzy

Tahap rule base *fuzzy* merupakan tahap pembentukan aturan untuk mengoperasikan sistem dengan pemrosesan *input*. Berdasarkan jumlah variabel *input* (suhu, bunyi alarm, selisih suhu) yaitu 3, variabel *output* (heater, sensor, alarm) yaitu 3, dan himpunan *fuzzy output* (tidak teridentifikasi kerusakan, tidak rusak, rusak) yaitu 3, didapatkan  $3^4 = 81$  kombinasi rule yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 sebagai berikut.



**Tabel 3.4 Rule base fuzzy**

No	Input			Output		
	Suhu	Bunyi alarm	Selisih suhu	Heater	Sensor	Alarm
1	R	R	R	RS		
2	R	R	R		TR	
3	R	R	R			RS
4	R	R	S	RS		
5	R	R	S		TR	
6	R	R	S			RS
7	R	R	T	RS		
8	R	R	T		RS	
9	R	R	T			RS
10	R	S	R	RS		
11	R	S	R		TR	
12	R	S	R			TR
13	R	S	S	RS		
14	R	S	S		TR	
15	R	S	S			TR
16	R	S	T	RS		
17	R	S	T		RS	
18	R	S	T			TR
19	R	T	R	RS		
20	R	T	R		TR	
21	R	T	R			TR
22	R	T	S	RS		
23	R	T	S		TR	
24	R	T	S			TR
25	R	T	T	RS		
26	R	T	T		RS	
27	R	T	T			TR
28	S	R	R	TT		
29	S	R	R		TT	
30	S	R	R			TT
31	S	R	S	TT		
32	S	R	S		TT	
33	S	R	S			TT
34	S	R	T	TR		
35	S	R	T		RS	
36	S	R	T			TR
37	S	S	R	TT		

No	Input			Output		
	Suhu	Bunyi alarm	Selisih suhu	Heater	Sensor	Alarm
38	S	S	R		TT	
39	S	S	R			TT
40	S	S	S	TR		
41	S	S	S		TR	
42	S	S	S			RS
43	S	S	T	TR		
44	S	S	T		RS	
45	S	S	T			TR
46	S	T	R	TR		
47	S	T	R		TR	
48	S	T	R			RS
49	S	T	S	TR		
50	S	T	S		TR	
51	S	T	S			RS
52	S	T	T	TR		
53	S	T	T		RS	
54	S	T	T			TR
55	T	R	R	TR		
56	T	R	R		TR	
57	T	R	R			RS
58	T	R	S	TR		
59	T	R	S		TR	
60	T	R	S			RS
61	T	R	T	TR		
62	T	R	T		RS	
63	T	R	T			RS
64	T	S	R	TR		
65	T	S	R		TR	
66	T	S	R			RS
67	T	S	S	TT		
68	T	S	S		TT	
69	T	S	S			TT
70	T	S	T	TR		
71	T	S	T		RS	
72	T	S	T			TR
73	T	T	R	TR		
74	T	T	R		RS	
75	T	T	R			TR

No	Input			Output		
	Suhu	Bunyi alarm	Selisih suhu	Heater	Sensor	Alarm
76	T	T	S	TT		
77	T	T	S		TT	
78	T	T	S			TT
79	T	T	T	TR		
80	T	T	T		RS	
81	T	T	T			TR

*Output* yang ditampilkan berupa diagnosa kerusakan dari 3 (part) tersebut dalam satu kesatuan yang apabila salah satunya rusak, maka unit inkubator bayi tidak dapat diproses pada tahap selanjutnya. Terdapat 6 (enam) kode pada *input* dan *output fuzzy* sebagai berikut.

1. Tidak teridentifikasi kerusakan (TT) merupakan kondisi yang menunjukkan bahwa tidak terdapat kerusakan pada heater, sensor, dan alarm sehingga dapat diproses ke tahap selanjutnya.
2. Tidak rusak (TR) merupakan kondisi yang menunjukkan bahwa pada salah satu part tidak terdapat kerusakan, namun pada part lain masih terdapat kerusakan sehingga tidak dapat diproses ke tahap selanjutnya.
3. Rusak (RS) merupakan kondisi yang menunjukkan bahwa pada salah satu part terdapat kerusakan, sehingga tidak dapat diproses pada tahap selanjutnya.
4. Rendah (R) merupakan himpunan *fuzzy* rendah
5. Sedang (S) merupakan himpunan *fuzzy* sedang
6. Tinggi (T) merupakan himpunan *fuzzy* tinggi

#### 3.4.4 Tahap inferensi

Setelah melalui tahap fuzzifikasi, nilai *fuzzy* akan diolah melalui 3 (tiga) tahapan inferensi sebagai berikut.

1. Memilih rule yang sesuai dengan kombinasi nilai *fuzzy*  
Berdasarkan kombinasi nilai *fuzzy* yang diperoleh dari 3 (tiga) *input* pada tahap fuzzifikasi kemudian dapat ditentukan rule yang sesuai pada Tabel 3.2.

2. Menghitung  $\alpha$  predikat dari *fuzzy input*

Berdasarkan rule yang telah terpilih, selanjutnya dapat ditentukan nilai alpha predikat dengan aturan min melalui persamaan dibawah ini.

$$\alpha\text{-predikat}_n = \min(\mu_{G1} \cap \mu_{G2} \cap \mu_{G3})$$

3. Menentukan fungsi *fuzzy output*

Nilai *fuzzy* baru atau *output* masing-masing rule terpilih ditentukan berdasarkan fungsi keanggotaan *output* pada Gambar 3.6, 3.7, dan 3.8.

**3.4.5 Defuzzifikasi**

Defuzzifikasi merupakan proses pengolahan nilai *fuzzy* yang didapat dari tahap inferensi menjadi nilai crisp atau nilai tegas. Nilai crisp inilah yang nantinya akan digunakan dalam implementasi dan analisis. Pada metode Tsukamoto, nilai crisp didapat menggunakan metode average (rata-rata) sebagai berikut.

$$z * = \frac{\sum_i^n \alpha_{predikat_i} \times z_i}{\sum_i^n \alpha_{predikat_i}}$$

**3.5 Desain eksplanasi dan user interface**

Desain eksplanasi dan *user interface* bertujuan untuk merancang bentuk tampilan (form) *input* dan *output* yang digunakan sebagai antar muka (*interface*) antara user dengan sistem. Rancangan *user interface* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.7 sampai Gambar 3.11.

Diagnosa Inkubator Bayi				
Data alat	Data Alat Inkubator Bayi			
Suhu	Tambah alat			
Alarm	Master data alat			
Selisih suhu	No	Type	Suhu	Alarm
Fuzzy lain				Selisih suhu
Hasil diagnosa				

**Gambar 3.9 Desain halaman data alat**

Diagnosa Inkubator Bayi

Data alat
Suhu
Alarm
Selisih suhu
Fuzzy lain
Hasil diagnosa

Suhu

Hasil fuzzifikasi suhu

No	Type	Derajat keanggotaan		
		Rendah	Sedang	Tinggi

**Gambar 3.10 Desain halaman hasil fuzzifikasi**

Diagnosa Inkubator Bayi

Data alat
Suhu
Alarm
Selisih suhu
Fuzzy lain
Hasil diagnosa

Hasil Diagnosa

Hasil diagnosa kerusakan

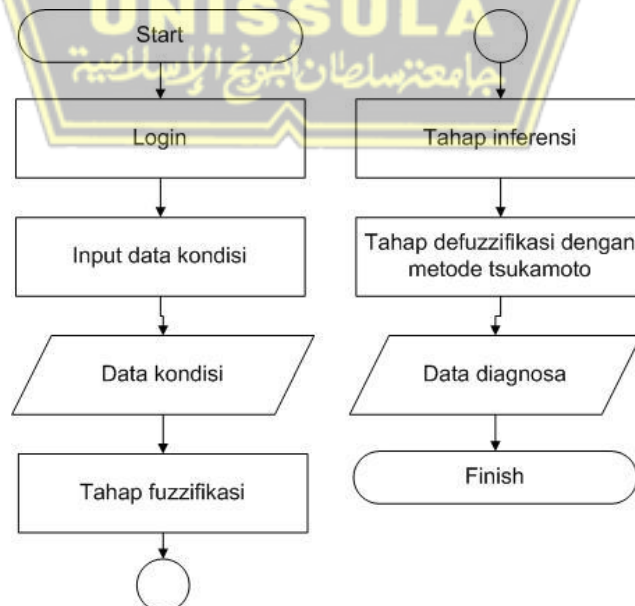
No	Heater	Sensor	Alarm

**Gambar 3.11 Desain halaman hasil diagnosa**

### 3.6 Desain aplikasi

#### 3.6.1 Rancangan algoritma sistem pakar

Rancangan algoritma sistem pakar menggunakan *fuzzy Tsukamoto* dapat dilihat pada Gambar 3.12.



**Gambar 3.12 Rancangan algoritma sistem pakar**



Berdasarkan Gambar 3.12, proses awal pada sistem pakar adalah user melakukan *input* kondisi inkubator bayi yaitu hasil pengukuran suhu, hasil pengukuran tingkat kebisingan alarm, serta selisih antara suhu terukur dan suhu pada *display*. Hasil pengukuran tersebut akan masuk ke dalam proses *fuzzy logic* dengan metode tsukamoto. Tahap pertama pada *fuzzy logic* adalah fuzzifikasi. Proses fuzzifikasi mengubah hasil pengukuran menjadi bilangan *fuzzy*. Selanjutnya adalah tahap inferensi. Pada tahap inferensi, bilangan *fuzzy* diinterpretasikan ke dalam setiap aturan atau rule sehingga menghasilkan keluaran *fuzzy* baru. Hasil keluaran *fuzzy* ini diproses ke dalam tahap defuzzifikasi. Proses defuzzifikasi menghasilkan angka crips yang digunakan untuk menentukan atau mendiagnosa kerusakan pada inkubator bayi.

### 3.6.2 Diagram konteks

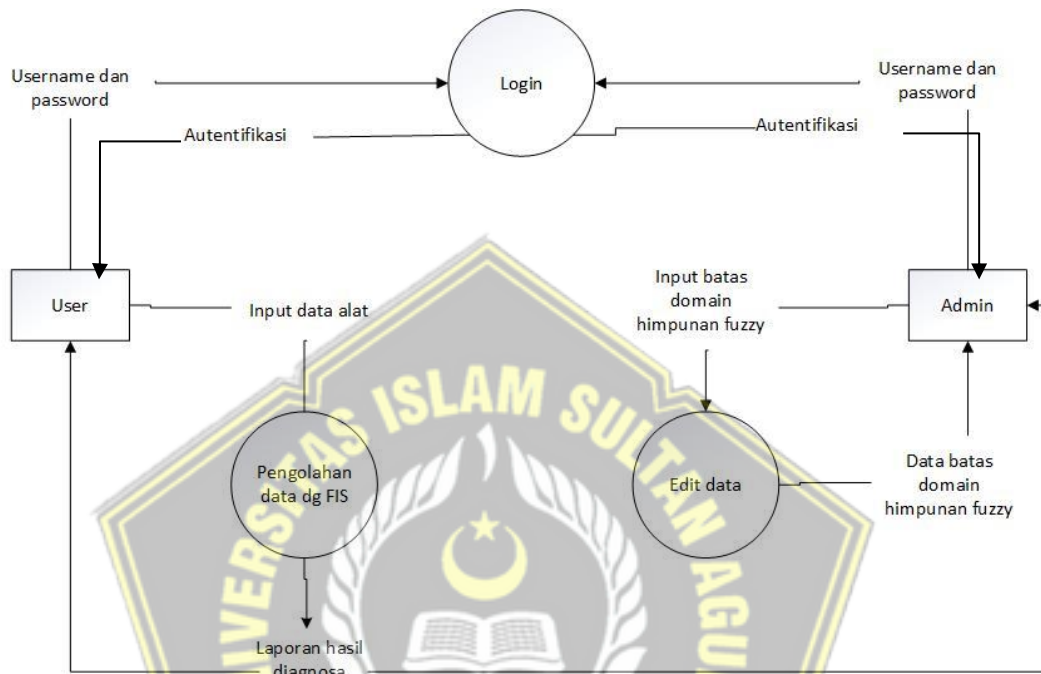
Diagram konteks pada Gambar 3.13 menunjukkan seluruh *input* ke sistem dan *output* dari sistem yang akan memberi gambaran tentang keseluruhan sistem deteksi. *Input* yang diberikan oleh user berupa jawaban dari pertanyaan-pertanyaan kondisi kerusakan yang menghasilkan output diagnosa. *Input* yang diberikan oleh admin berupa data kondisi, username dan password, serta dapat menambah atau mengubah kategori. *Output* yang didapatkan berupa history kerusakan dan diagnosa.



Gambar 3.13 Diagram konteks

### 3.6.3 Data flow diagram (DFD)

DFD pada Gambar 3.14 menggambarkan aliran data dalam sistem yang lebih rinci. DFD terdiri dari beberapa proses yaitu login, pengolahan data kondisi kerusakan, dan hasil diagnosa.



Gambar 3.14 Data flow diagram

## BAB IV HASIL DAN ANALISIS

### 4.1 Pengujian sistem

#### 4.1.1 Perhitungan manual

Sistem pakar yang telah dibangun dilakukan pengujian sistem dengan memasukkan *input* hasil pengukuran data kondisi kerusakan dari lapangan seperti pada Tabel 3.2. Hasil *output* sistem kemudian dibandingkan dengan hasil diagnosa oleh pakar. Berdasarkan data nomor 1, dapat dihitung nilai *fuzzy* menggunakan cara manual seperti dibawah ini.

Perhitungan nilai *fuzzy* pada kerusakan inkubator bayi dengan parameter sebagai berikut:

$$\text{Suhu} = 30,7^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Bunyi alarm} = 20\text{dB}$$

$$\text{Pembacaan} = 0,6$$

Berdasarkan data diatas, maka dilakukan perhitungan manual dengan metode *fuzzy* Tsukamoto.

#### 1. Tahap fuzzifikasi

Himpunan *fuzzy* suhu (G1)

Merujuk pada Gambar 3.3, didapatkan  $x = 30,7$  masuk ke dalam himpunan rendah dan sedang, sehingga dapat diperoleh persamaan derajat keanggotaan sebagai berikut.

$$x = 30,7$$

$$\mu_{G1rendah}[30,7] = \frac{31 - 30,7}{1} = 0,3$$

$$\mu_{G1sedang}[30,7] = \frac{30,7 - 30}{2} = 0,35$$

Himpunan *fuzzy* bunyi alarm (G2)

Merujuk pada Gambar 3.4, didapatkan  $x = 20$  masuk ke dalam himpunan rendah, sehingga dapat diperoleh persamaan derajat keanggotaan sebagai berikut.

$$x = 20$$

$$\mu_{G2rendah}[20] = \frac{20 - 0}{25} = 0,8$$

Himpunan *fuzzy* selisih suhu (G3)

Merujuk pada Gambar 3.5, didapatkan  $x = 0,6$  masuk ke dalam himpunan rendah dan sedang, sehingga dapat diperoleh persamaan derajat keanggotaan sebagai berikut.

$$x = 0,6$$

$$\mu_{G3rendah}[0,6] = \frac{1 - 0,6}{0,5} = 0,8$$

$$\mu_{G3sedang}[0,6] = \frac{0,6 - 0,5}{0,5} = 0,2$$

## 2. Tahap inferensi

Berdasarkan perhitungan nilai  $\mu$  dan merujuk pada Tabel 3.3, maka didapatkan kombinasi 12 rule dan aturan predikat untuk penilaian parameter yang ada sebagai berikut.

[R1] IF G1 rendah AND G2 rendah AND G3 rendah THEN K1 rusak

Berdasarkan fungsi keanggotaan diperoleh nilai keanggotaan data yaitu:

$$\alpha\text{-predikat}_1 = \min(\mu_{G1rendah} \cap \mu_{G2rendah} \cap \mu_{G3rendah})$$

$$\alpha\text{-predikat}_1 = \min(0,3; 0,8; 0,8)$$

$$\alpha\text{-predikat}_1 = 0,3$$

Kemudian menghitung nilai  $z_1$  berdasarkan Gambar 3.6, maka didapat nilai  $z_1$  sebagai berikut.

$$\frac{75 - z_1}{75 - 50} = 0,3$$

$$z_1 = 67,5$$

[R2] IF G1 rendah AND G2 rendah AND G3 rendah THEN K2 tidak rusak

Berdasarkan fungsi keanggotaan diperoleh nilai keanggotaan data yaitu:

$$\alpha\text{-predikat}_2 = \min(\mu_{G1rendah} \cap \mu_{G2rendah} \cap \mu_{G3rendah})$$

$$\alpha\text{-predikat}_2 = \min(0,3; 0,8; 0,8)$$

$$\alpha\text{-predikat}_2 = 0,3$$

Kemudian menghitung nilai  $z_2$  berdasarkan Gambar 3.6, maka didapat nilai  $z_2$  sebagai berikut.

$$\mu_{TR}[z_{2.1}] = \frac{z_2 - 25}{50 - 25}$$

$$0,3 = \frac{z_{2.1} - 25}{50 - 25}$$

$$z_{2.1} = 32,5$$

$$\mu_{TR}[z_{2.2}] = \frac{75 - z_{2.2}}{75 - 50}$$

$$0,3 = \frac{75 - z_{2.2}}{75 - 50}$$

$$z_{2.2} = 67,5$$

[R3] IF G1 rendah AND G2 rendah AND G3 rendah THEN K3 rusak

Berdasarkan fungsi keanggotaan diperoleh nilai keanggotaan data yaitu:

$$\alpha\text{-predikat}_3 = \min(\mu_{G1\text{rendah}} \cap \mu_{G2\text{rendah}} \cap \mu_{G3\text{rendah}})$$

$$\alpha\text{-predikat}_3 = \min(0,3; 0,8; 0,8)$$

$$\alpha\text{-predikat}_3 = 0,3$$

Kemudian menghitung nilai  $z_3$  berdasarkan Gambar 3.6, maka didapat nilai  $z_3$  sebagai berikut.

$$\frac{75 - z_3}{75 - 50} = 0,3$$

$$z_3 = 67,5$$

[R4] IF G1 rendah AND G2 rendah AND G3 sedang THEN K1 rusak

Berdasarkan fungsi keanggotaan diperoleh nilai keanggotaan data yaitu:

$$\alpha\text{-predikat}_4 = \min(\mu_{G1\text{rendah}} \cap \mu_{G2\text{rendah}} \cap \mu_{G3\text{sedang}})$$

$$\alpha\text{-predikat}_4 = \min(0,3; 0,8; 0,2)$$

$$\alpha\text{-predikat}_4 = 0,2$$

Kemudian menghitung nilai  $z_4$  berdasarkan Gambar 3.6, maka didapat nilai  $z_4$  sebagai berikut.

$$\frac{75 - z_4}{75 - 50} = 0,2$$

$$z_4 = 70$$

[R5] IF G1 rendah AND G2 rendah AND G3 sedang THEN K2 tidak rusak

Berdasarkan fungsi keanggotaan diperoleh nilai keanggotaan data yaitu:

$$\alpha\text{-predikat}_5 = \min(\mu_{G1rendah} \cap \mu_{G2rendah} \cap \mu_{3sedang})$$

$$\alpha\text{-predikat}_5 = \min(0,3; 0,8; 0,2)$$

$$\alpha\text{-predikat}_5 = 0,2$$

Kemudian menghitung nilai  $z_5$  berdasarkan Gambar 3.6, maka didapat nilai  $z_5$  sebagai berikut.

$$\mu_{TR}[z_{5.1}] = \frac{z_{5.1} - 25}{50 - 25}$$

$$0,2 = \frac{z_{5.1} - 25}{50 - 25}$$

$$z_{5.1} = 30$$

$$\mu_{TR}[z_{5.2}] = \frac{75 - z_{5.2}}{75 - 50}$$

$$0,2 = \frac{75 - z_{5.2}}{75 - 50}$$

$$z_{5.2} = 70$$

[R6] IF G1 rendah AND G2 rendah AND G3 sedang THEN K3 rusak

Berdasarkan fungsi keanggotaan diperoleh nilai keanggotaan data yaitu:

$$\alpha\text{-predikat}_6 = \min(\mu_{G1rendah} \cap \mu_{G2rendah} \cap \mu_{3sedang})$$

$$\alpha\text{-predikat}_6 = \min(0,3; 0,8; 0,2)$$

$$\alpha\text{-predikat}_6 = 0,2$$

Kemudian menghitung nilai  $z_6$  berdasarkan Gambar 3.6, maka didapat nilai  $z_6$  sebagai berikut.

$$\frac{75 - z_6}{75 - 50} = 0,2$$

$$z_6 = 70$$

[R28] IF G1 sedang AND G2 rendah AND G3 rendah THEN K1 tidak teridentifikasi

Berdasarkan fungsi keanggotaan diperoleh nilai keanggotaan data yaitu:

$$\alpha\text{-predikat}_7 = \min(\mu_{G1sedang} \cap \mu_{G2rendah} \cap \mu_{3rendah})$$

$$\alpha\text{-predikat}_7 = \min(0,35; 0,8; 0,8)$$

$$\alpha\text{-predikat}_7 = 0,35$$



Kemudian menghitung nilai  $z_7$  berdasarkan Gambar 3.6, maka didapat nilai  $z_7$  sebagai berikut.

$$\mu_{TT}[z_7] = \frac{50 - z_7}{50 - 25}$$

$$0,35 = \frac{50 - z_7}{50 - 25}$$

$$z_7 = 41,25$$

[R29] IF G1 sedang AND G2 rendah AND G3 rendah THEN K2 tidak teridentifikasi

$$\alpha\text{-predikat}_8 = \min(\mu_{G1\text{sedang}} \cap \mu_{G2\text{rendah}} \cap \mu_{G3\text{rendah}})$$

$$\alpha\text{-predikat}_8 = \min(0,35; 0,8; 0,8)$$

$$\alpha\text{-predikat}_8 = 0,35$$

Kemudian menghitung nilai  $z_8$  berdasarkan Gambar 3.6, maka didapat nilai  $z_8$  sebagai berikut.

$$\mu_{TT}[z_8] = \frac{50 - z_8}{50 - 25}$$

$$0,35 = \frac{50 - z_8}{50 - 25}$$

$$z_8 = 41,25$$

[R30] IF G1 sedang AND G2 rendah AND G3 rendah THEN K3 tidak teridentifikasi

$$\alpha\text{-predikat}_9 = \min(\mu_{G1\text{sedang}} \cap \mu_{G2\text{rendah}} \cap \mu_{G3\text{rendah}})$$

$$\alpha\text{-predikat}_9 = \min(0,35; 0,8; 0,8)$$

$$\alpha\text{-predikat}_9 = 0,35$$

Kemudian menghitung nilai  $z_9$  berdasarkan Gambar 3.6, maka didapat nilai  $z_9$  sebagai berikut.

$$\mu_{TT}[z_9] = \frac{50 - z_9}{50 - 25}$$

$$0,35 = \frac{50 - z_9}{50 - 25}$$

$$z_9 = 41,25$$

[R31] IF G1 sedang AND G2 rendah AND G3 sedang THEN K1 tidak teridentifikasi

$$\alpha\text{-predikat}_{10} = \min(\mu_{G1\text{sedang}} \cap \mu_{G2\text{rendah}} \cap \mu_{G3\text{sedang}})$$

$$\alpha\text{-predikat}_{10} = \min(0,35; 0,8; 0,2)$$

$$\alpha\text{-predikat}_{10} = 0,2$$

Kemudian menghitung nilai  $z_{10}$  berdasarkan Gambar 3.6, maka didapat nilai  $z_{10}$  sebagai berikut.

$$\mu_{TT}[z_{10}] = \frac{50 - z_{10}}{50 - 25}$$

$$0,2 = \frac{50 - z_{10}}{50 - 25}$$

$$z_{10} = 45$$

[R32] IF G1 sedang AND G2 rendah AND G3 sedang THEN K2 tidak teridentifikasi

$$\alpha\text{-predikat}_{11} = \min(\mu_{G1\text{sedang}} \cap \mu_{G2\text{rendah}} \cap \mu_{G3\text{sedang}})$$

$$\alpha\text{-predikat}_{11} = \min(0,35; 0,8; 0,2)$$

$$\alpha\text{-predikat}_{11} = 0,2$$

Kemudian menghitung nilai  $z_{11}$  berdasarkan Gambar 3.6, maka didapat nilai  $z_{11}$  sebagai berikut.

$$\mu_{TT}[z_{11}] = \frac{50 - z_{11}}{50 - 25}$$

$$0,2 = \frac{50 - z_{11}}{50 - 25}$$

$$z_{11} = 45$$

[R33] IF G1 sedang AND G2 rendah AND G3 sedang THEN K3 tidak teridentifikasi

$$\alpha\text{-predikat}_{12} = \min(\mu_{G1\text{sedang}} \cap \mu_{G2\text{rendah}} \cap \mu_{G3\text{sedang}})$$

$$\alpha\text{-predikat}_{12} = \min(0,35; 0,8; 0,2)$$

$$\alpha\text{-predikat}_{12} = 0,2$$

Kemudian menghitung nilai  $z_{12}$  berdasarkan Gambar 3.6, maka didapat nilai  $z_{12}$  sebagai berikut.

$$\mu_{TT}[z_{12}] = \frac{50 - z_{12}}{50 - 25}$$

$$0,2 = \frac{50 - z_{12}}{50 - 25}$$

$$z_{12} = 45$$

### 3. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi dilakukan untuk mengembalikan nilai *fuzzy* menjadi nilai *crisp* kembali. Pada metode *fuzzy* Tsukamoto, defuzzifikasi menggunakan metode average (rata-rata) pada persamaan 2.5 sebagai berikut.

$$z^* = \frac{(0,3 \times 67,5) + (0,3 \times 50) + (0,3 \times 67,5) + (0,2 \times 70) + (0,2 \times 50) + (0,2 \times 70) + (0,35 \times 41,25) + (0,35 \times 41,25) + (0,35 \times 41,25) + (0,2 \times 45) + (0,2 \times 45) + (0,2 \times 45)}{0,3 + 0,3 + 0,3 + 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,35 + 0,35 + 0,35 + 0,2 + 0,2 + 0,2}$$

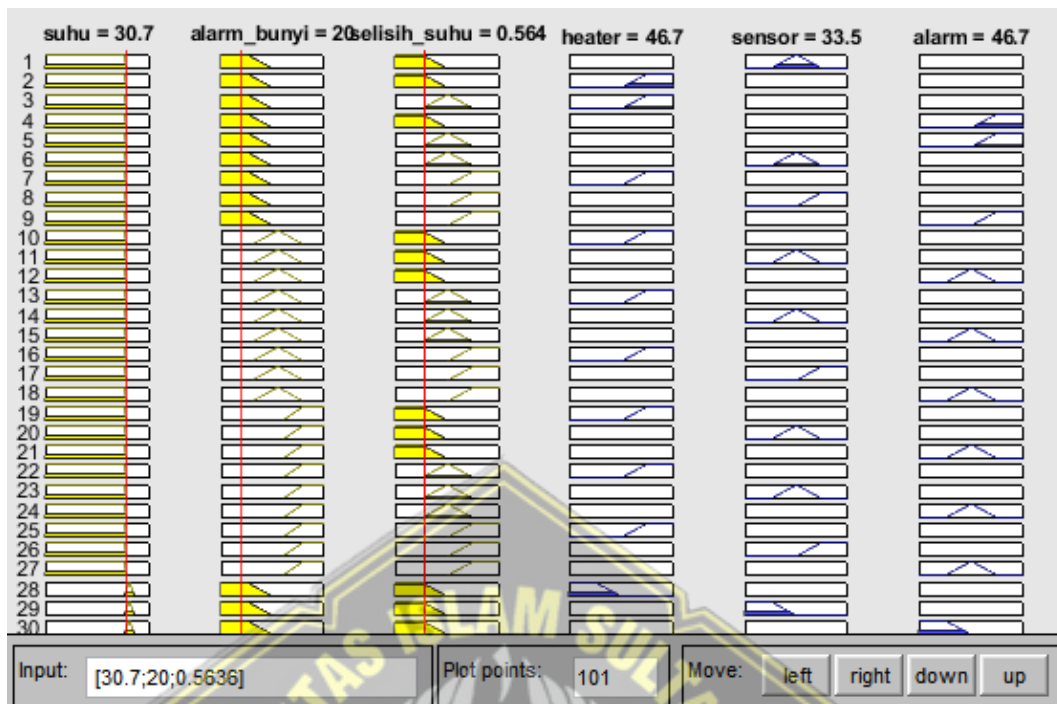
$$z^* = \frac{163,8125}{3,15}$$

$$z^* = 52,004$$

Jadi, jika suhu 30,7°C, bunyi alarm 20dB, dan selisih pengukuran suhu 0,6, maka kerusakannya sebesar 52,004%.

#### 4.1.2 Pengujian hasil dengan Matlab

Untuk memperoleh hasil diagnosa sistem, dilakukan pengujian hasil menggunakan Matlab. Pada Gambar 4.1 pengujian dilakukan menggunakan Matlab metode fuzzy mamdani dengan parameter suhu terukur 30,7°C, bunyi alarm 20dB, dan selisih suhu 0,6°C menghasilkan nilai z heater sebesar 46,7; sensor sebesar 33,5; dan alarm sebesar 46,7. Hasil perhitungan manual pada poin 4.1.1 menunjukkan nilai kerusakan sebesar 52,004 menggunakan fuzzy Tsukamoto. Hasil antara perhitungan manual dengan Matlab berbeda namun tidak signifikan, sebab pada Matlab menggunakan metode fuzzy mamdani. Jika dilihat dari grafik himpunan *fuzzy output*, diperoleh hasil diagnosa heater tidak rusak, sensor tidak rusak/tidak teridentifikasi, dan alarm tidak rusak. Hasil diagnosa sistem tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil diagnosa pakar pada Tabel 4.1.



Gambar 4.1 Hasil rules fuzzy

Tabel 4.1 Perbandingan hasil diagnosa pakar dan sistem

No	Suhu	Bunyi alarm	Selisih suhu	Hasil diagnosa pakar			Hasil diagnosa sistem			Ket
				Heater	Sensor	Alarm	Heater	Sensor	Alarm	
1	30,70	20,0	0,60	Tidak rusak	Tidak rusak	Rusak	Tidak rusak	Tidak rusak	Rusak	Sesuai
2	29,93	61,7	1,99	Rusak	Rusak	Tidak rusak	Rusak	Rusak	Tidak rusak	Sesuai
3	31,04	98,7	0,59	Tidak rusak	Tidak rusak	Rusak	Tidak rusak	Tidak rusak	Rusak	Sesuai
4	29,97	80,4	1,60	Rusak	Rusak	Tidak rusak	Rusak	Rusak	Tidak rusak	Sesuai
5	30,14	20,0	0,26	Tidak rusak	Tidak rusak	Tidak rusak	Rusak	Tidak rusak	Rusak	Tidak sesuai
6	32,14	20,0	0,57	TT	TT	TT	TT	TT	TT	Sesuai
7	30,66	60,0	0,18	Tidak rusak	Tidak rusak	Rusak	Tidak rusak	Tidak rusak	Rusak	Sesuai
8	33,04	90,7	1,92	Rusak	Rusak	Tidak rusak	Rusak	Rusak	Tidak rusak	Sesuai
9	35,71	78,7	1,56	Tidak rusak	Rusak	Tidak rusak	Tidak rusak	Rusak	Tidak rusak	Sesuai
10	30,45	87,8	1,51	Rusak	Rusak	Tidak rusak	Rusak	Rusak	Tidak rusak	Sesuai
11	33,74	53,8	0,55	Tidak rusak	Tidak rusak	Rusak	Tidak rusak	Tidak rusak	Rusak	Sesuai

No	Suhu	Bunyi alarm	Selisih suhu	Hasil diagnosa pakar			Hasil diagnosa sistem			Ket
				Heater	Sensor	Alarm	Heater	Sensor	Alarm	
12	32,71	77,3	1,34	Rusak	Rusak	Tidak rusak	Tidak rusak	Rusak	Tidak rusak	Tidak sesuai
13	31,14	48,5	1,70	Rusak	Rusak	Tidak rusak	Tidak rusak	Rusak	Tidak rusak	Tidak sesuai
14	36,93	90,7	0,42	Tidak rusak	Rusak	Tidak rusak	Tidak rusak	Rusak	Tidak rusak	Sesuai
15	30,30	83,2	1,54	Rusak	Rusak	Tidak rusak	Rusak	Rusak	Tidak rusak	Sesuai
16	27,20	76,0	0,49	Rusak	Tidak rusak	Tidak rusak	Rusak	Tidak rusak	Tidak rusak	Sesuai
17	33,84	91,4	0,61	Tidak rusak	Tidak rusak	Tidak rusak	Tidak rusak	Tidak rusak	Tidak rusak	Sesuai
18	35,36	21,3	0,88	Tidak rusak	Rusak	Rusak	Tidak rusak	Tidak rusak	Rusak	Tidak sesuai
19	36,04	72,3	0,11	Tidak rusak	Rusak	Tidak rusak	Tidak rusak	Rusak	Tidak rusak	Sesuai
20	35,07	34,1	0,86	Tidak rusak	Rusak	Rusak	Tidak rusak	Rusak	Rusak	Sesuai

Berdasarkan hasil perbandingan pada Tabel 4.1, jumlah kesesuaian diagnosa antara pakar dan sistem adalah 16 diagnosa. Hal ini menunjukkan sistem memiliki kesesuaian  $\frac{16}{20} \times 100\% = 80\%$ .

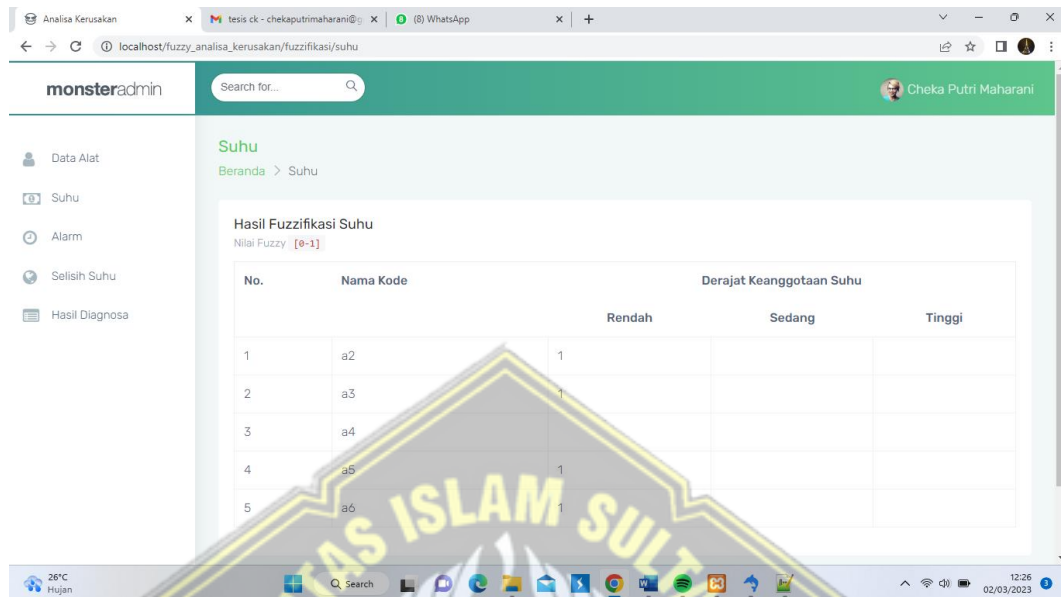
## 4.2 Analisis hasil

Hasil dari running aplikasi sistem pakar deteksi kerusakan pada inkubator bayi dapat dilihat pada Gambar 4.2 sampai Gambar 4.6.



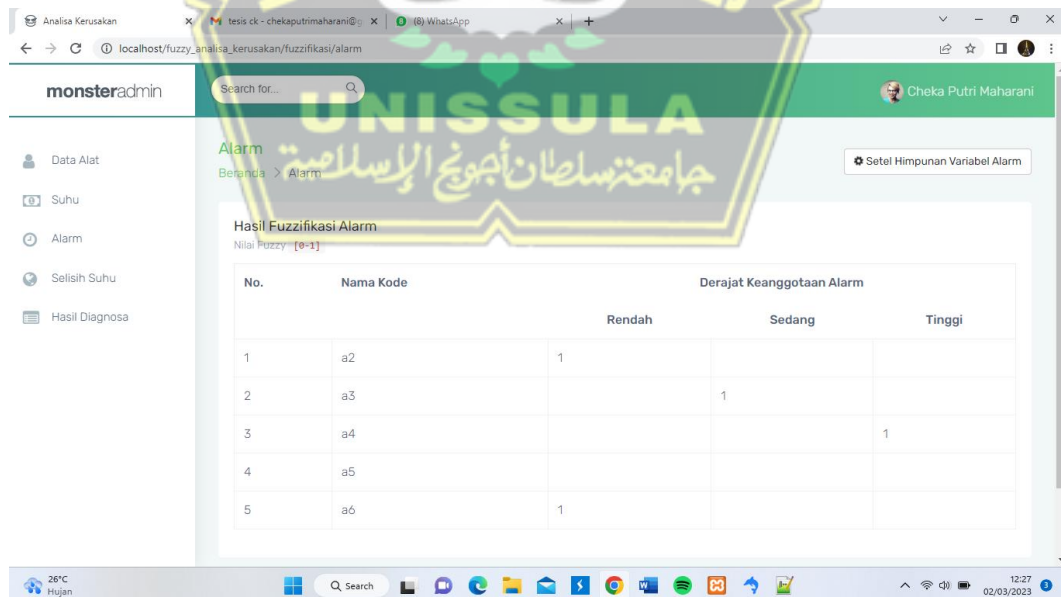
Gambar 4.2 Halaman data alat

Gambar 4.2 merupakan halaman untuk mengedit data kondisi atau gejala kerusakan alat bagi user.



**Gambar 4.3 Halaman hasil fuzzifikasi suhu**

Gambar 4.3 merupakan halaman untuk menampilkan hasil fuzzifikasi suhu, apakah suhu terukur yang diinput ke sistem termasuk ke dalam himpunan suhu rendah, sedang, atau tinggi.



**Gambar 4.4 Halaman hasil fuzzifikasi alarm**



Gambar 4.4 merupakan halaman untuk menampilkan hasil fuzzifikasi bunyi alarm, apakah bunyi alarm terukur yang *diinput* ke sistem termasuk ke dalam himpunan suhu rendah, sedang, atau tinggi.

No.	Nama Kode	Derajat Keanggotaan Selisih Suhu		
		Rendah	Sedang	Tinggi
1	a2	1		
2	a3			
3	a4	1		
4	a5			
5	a6	1		

**Gambar 4.5 Halaman hasil fuzzifikasi selisih suhu**

Gambar 4.5 merupakan halaman untuk menampilkan hasil fuzzifikasi selisih, apakah selisih suhu terukur yang *diinput* ke sistem termasuk ke dalam himpunan suhu rendah, sedang, atau tinggi.

No.	Kode Alat	Input			Output		
		Suhu	Bunyi Alarm	Selisih Suhu	Heater	Sensor	Alarm
1	a2	30.7°C	20dB	0.6	Rusak	Tidak Rusak	Rusak
2	a3	29.93°C	61.7dB	1.99	Rusak	Tidak Rusak	Tidak Rusak
3	a4	31.04°C	98.7dB	0.59	Rusak	Tidak Rusak	Tidak Rusak
4	a5	29.97°C	80.4dB	1.6	Rusak	Tidak Rusak	Tidak Rusak
5	a6	30.14°C	20dB	0.26	Rusak	Tidak Rusak	Rusak

**Gambar 4.6 Hasil analisa kerusakan**

Gambar 4.6 merupakan tampilan hasil analisa kerusakan atau hasil diagnosa. Hasil yang ditampilkan berupa diagnosa kerusakan heater, sensor, dan alarm.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil pengujian dan analisa sistem pakar untuk deteksi kerusakan pada inkubator bayi menggunakan metode *fuzzy logic*, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Aplikasi sistem pakar deteksi kerusakan pada inkubator bayi dapat dibangun dan digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan berdasarkan gejala atau kondisi yang terukur.
2. Aplikasi sistem pakar ini memiliki tingkat akurasi sebesar 80% dibandingkan dengan diagnosa oleh teknisi sehingga dapat diaplikasikan pada bagian quality control.

#### **5.2. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian sistem pakar untuk deteksi kerusakan pada inkubator bayi dengan metode *fuzzy logic*, dapat diberikan saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Dapat menambahkan parameter kerusakan yang lain untuk memperluas cakupan diagnosa kerusakan.
2. Dalam upaya meningkatkan akurasi diagnosa, dapat digunakan metode lain untuk membangun aplikasi sistem pakar.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kemenkes, *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 118/MENKES/SK/IV/2014 Tentang Kompendium Alat Kesehatan*. Indonesia, 2014.
- [2] Kemenkes, *Peraturan Menteri Kesehatan RI No 220/Men.Kes/Per/IX/76 tentang Produksi dan Peredaran Kosmetika dan Alat Kesehatan Menteri Kesehatan Republik Indonesia*. 1976.
- [3] Kemenkes, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 65 Tahun 2016 Tentang Standar Pelayanan Elektromedik*, no. 1995. Indonesia, 2016, p. 46.
- [4] T. Apriansyah, “Gambaran Sistem manajemen Pemeliharaan Alat Elektromedik oleh Unit Teknik di Rumah Sakit Pertamina Jaya Tahun 2011,” Universitas Indonesia, 2012.
- [5] A. Firmansyah, B. Utomo, and M. R. Mak'ruf, “Sistem Informasi Pengelolaan Peralatan Medik (Analisis Respon Time Data Layanan Komplain),” pp. 1–12, 2017.
- [6] E. Rahmawati, “Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Paru-Paru Menggunakan Metode Forward Chaining,” *J. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 2, pp. 64–69, 2016, doi: 10.15294/jte.v8i2.7436.
- [7] S. Kurniawan and N. Merlina, “Metode Forward Chaining Untuk Mendiagnosa,” *J. Pilar Nusa Mandiri*, vol. XI, no. 2, pp. 197–202, 2015.
- [8] A. D. Putri and D. Suhendra, “Sistem Pakar Untuk Mendeteksi Kerusakan Air Conditioner Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Web,” *INOVTEK Polbeng - Seri Inform.*, vol. 1, no. 2, p. 148, 2016, doi: 10.35314/isi.v1i2.134.
- [9] M. Silmi, E. A. Sarwoko, and K. Kushartantya, “Sistem Pakar Berbasis Web Dan Mobile Web Untuk Mendiagnosis Penyakit Darah Pada Manusia Dengan Menggunakan Metode Inferensi Forward Chaining,” *J. Masy. Inform.*, vol. 4, no. 7, pp. 1–8, 2013, doi: 10.14710/jmasif.4.7.31-38.
- [10] I. M. Sari and F. Thalib, “Pembuatan Aplikasi Sistem Pakar Berbasis Web Untuk Diagnosis Penyakit Infeksi Yang Disebabkan Oleh Bakteri Dan Virus,” *J. Ilm. Inform. Komput.*, vol. 24, no. 1, pp. 1–13, 2019, doi: 10.35760/ik.2019.v24i1.1985.
- [11] E. P. Wibowo, “Aplikasi Sistem Pakar untuk Diagnosa Kerusakan BTS (Base Transceiver Station) di PT. Indosat, Tbk Kediri Menggunakan Metode Forward Chaining,” *Simki-Techsain*, vol. 01, no. 05, pp. 1–10, 2017.
- [12] U. Budiarto, “Aplikasi Decision Support Sistem Untuk Troubleshooting Pada Operasional Genset Di Kapal,” *Kapal*, vol. 5, no. 3, pp. 212–216, 2012, doi: 10.12777/kpl.5.3.212-216.
- [13] G. E. Irawan and Y. S. Putra, “Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Stroke Dengan Metode *Fuzzy logic*,” *Bimasakti*, 2014.
- [14] E. Munanda and N. Prihatin, “Tanaman Jagung Menggunakan *Fuzzy Mcdm* Berbasis Web,” *J. Litek*, vol. 10, no. 2, pp. 113–117, 2010.
- [15] R. Tulllah, S. M. Mustafa, and A. Rochim, “Sistem Pakar Pendeteksi Penyakit Diabetes Mellitus Menggunakan Algoritma *Fuzzy logic* Takagi

- Sugeno Kang,” *J. Sisfotek Glob.*, vol. 9, no. 2, pp. 98–105, 2019.
- [16] A. I. Falatehan, N. Hidayat, and K. C. Brata, “Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Hati Menggunakan Metode *Fuzzy* Tsukamoto Berbasis Android,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 8, pp. 2373–2381, 2018, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/1773>.
- [17] I. Sanusi, B. Trisno, and M. Somantri, “Aplikasi Sistem Pakar Untuk Mendiagnosis Gangguan Pada Generator Set Berbeban,” *Electrans*, vol. 11, no. 2, pp. 63–70, 2012.
- [18] Y. T. Qussay Rizhain and M. Sumadyo, “Sistem Pakar Deteksi Kerusakan Mesin Sepeda Motor Non Matic dengan Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Web,” *Penelit. Ilmu Komput. Sist. Embed. dan Log.*, vol. 4, no. 2, pp. 69–77, 2016.
- [19] H. Mustafidah, H. Prawijaya, and D. Aryanto, “EXCOMP : Sistem Pakar untuk Mendiagnosa Kerusakan Komputer dan Memberikan Saran Perbaikan,” *Juita*, vol. I, no. 3, pp. 71–76, 2011, doi: 10.30595/juita.v1i3.434.
- [20] F. M. Kromann, *Beginning PHP and MySQL*, Fifth Edit. California: Apress, 2018.
- [21] A. Solichin, *MySQL Dari Pemula Hingga Mahir*. 2010.
- [22] Saifulloh and Kusriani, “Sistem Pendukung Pengambilan Keputusan Penentuan Beasiswa Menggunakan Metode *Fuzzy* AHP,” *Cogito Smart J.*, vol. 7, no. 2, pp. 28–35, 2019.
- [23] F. P. Saputra, N. Hidayat, and M. T. Furqon, “Penerapan Metode *Fuzzy* Analytical Hierarchy Process ( F-AHP ) Untuk Menentukan Besar Pinjaman Pada Koperasi,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 4, pp. 1761–1767, 2018, [Online]. Available: <file:///C:/Users/DELL/Downloads/1352-1-10168-1-10-20170905.pdf>.
- [24] Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik dan Sarana Kesehatan, *Pedoman Pengelolaan Peralatan Kesehatan Di Fasilitas Pelayanan Kesehatan*. 2015.
- [25] M. S. Mustaqbal, R. F. Firdaus, and H. Rahmadi, “Pengujian Aplikasi Menggunakan Black Box Testing Boundary Value Analysis (Studi Kasus : Aplikasi Prediksi Kelulusan SNMPTN),” *J. Ilm. Teknol. Inf. Terap.*, vol. I, no. 3, pp. 31–36, 2015.
- [26] R. Ambarita, “Sistem Pakar Diagnosa Kerusakan Mainboard Komputer Expert Sistem Diagnosis of Computer Mainboard Failure,” *IJIS-Indonesia J. Inf. Syst.*, vol. 4, no. September 2019, pp. 69–76, 2017, doi: 10.1021/jp5128578.
- [27] A. Emrouznejad and W. Ho, *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*. Boca Raton: CRC Press, 2018.
- [28] K. N. Sistem, A. Purwanto, S. Pakar, and D. Shafer, “Analisa Dan Perancangan Sistem Pakar Kerusakan Pada Aset UKM STIKOM Bali Menggunakan Metode Dempster,” in *Konferensi Nasional Sistem & Informatika*, 2015, pp. 977–981.