

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK**



**ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 kV  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY  
DI UNIT PELAYANAN GARDU INDUK POLEHAN MALANG**

**SKRIPSI**

**Disusun Oleh :**

**ROY INDRISULISTYANTO**

**NIM. 98.12.033**

**OKTOBER 2004**

DEPARTMENT OF THE ARMY

ARMY OF THE UNITED STATES  
OF AMERICA

REGIMENTAL HEADQUARTERS

OFFICE

IN CASE OF EMERGENCY CONTACT THE REGIMENTAL HEADQUARTERS AT THE  
ADDRESS LISTED BELOW OR THE REGIMENTAL HEADQUARTERS AT THE  
ADDRESS LISTED BELOW IN THE REGIMENTAL HEADQUARTERS AT THE

REGIMENTAL HEADQUARTERS AT THE REGIMENTAL HEADQUARTERS  
REGIMENTAL HEADQUARTERS AT THE REGIMENTAL HEADQUARTERS  
REGIMENTAL HEADQUARTERS AT THE REGIMENTAL HEADQUARTERS  
REGIMENTAL HEADQUARTERS AT THE REGIMENTAL HEADQUARTERS

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 kV  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY  
DI UNIT PELAYANAN GARDU INDUK POLEHAN MALANG

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Syarat  
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik*

oleh :

**ROY INDRISULISTYANTO**

**NIM. 98 12 033**

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

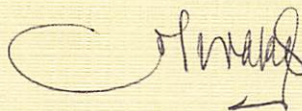


**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT**  
NIP.P. 101 880 0189



**Ir. Eko Nurcahyo**  
NIP.P. 102 870 0172

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



**Ir. I Made Wartana, MT**  
NIP. 131 991 182

KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2004

## ABSTRAKSI

### ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 kV DENGAN MENGGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY DI UNIT PELAYANAN GARDU INDUK POLEHAN MALANG

(Roy Indrisulistyanto, NIM 9812033, Teknik Elektro/Energi Listrik, 67 Hal.)

(Dosen Pembimbing I : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)

(Dosen Pembimbing II : Ir. Eko Nurcahyo)

**Kata Kunci :** Sistem Distribusi, Penyulang, Keandalan, Logika Fuzzy

Fungsi dasar dari sistem kelistrikan modern adalah bagaimana menyediakan listrik pada konsumen dengan harga rendah dengan tingkat keandalan yang diijinkan, khususnya keandalan pada penyulang. Aspek ekonomi dan keandalan masih menjadi masalah bagi sistem kelistrikan kita. Untuk memenuhi tingkat keandalan tersebut, diperlukan analisis keandalan yang tepat dan benar. Salah satunya menggunakan metode logika fuzzy.

Tidak seperti logika *boolean* yang hanya memiliki nilai 0 dan 1. Logika fuzzy memiliki banyak nilai yaitu 0-1. Aspek penyebab gangguan penyulang seperti jumlah pohon, panjang, diameter dan usia dirubah dalam bentuk fuzzy dengan proses fuzzifikasi. Dengan diberlakukan aturan (*rule*) yang telah ditentukan para ahli berdasarkan penelitian dan pengalaman, hasil tersebut dirubah kembali ke bentuk *real* (proses defuzzifikasi) dengan menggunakan teknik COG (*center of gravity*) untuk menentukan tingkat keandalan penyulang. Setelah diketahui tingkat penyulang tersebut, maka kita dapat mengetahui resiko gangguan yang dialami pelanggan.

Hasil analisis berdasarkan perbaikan penyulang yang dilakukan oleh PLN, terdapat peningkatan keandalan. Dari 19122 pelanggan yang beresiko gangguan menjadi 16190 pelanggan yang beresiko gangguan. Maka peningkatan keandalan setelah perbaikan adalah 2932 pelanggan atau sekitar 15.33 %.

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT., karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang. Tak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini. Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Wayan Sujana, MT, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. I Made Wartana, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan penulis selama proses penyusunan skripsi.
5. Bapak Ir. Eko Nurcahyo, selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan penulis selama proses penyusunan skripsi.

Meskipun telah dikaji berulang-ulang dan dikerjakan dengan sungguh-sungguh, namun penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Sehingga kritik dan saran, penulis terima dengan tangan terbuka. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Oktober 2004

Penulis

# DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
ABSTRAKSI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR GRAFIK.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV DAN KEANDALAN SISTEM.....	6
2.1. Sistem Jaringan Distribusi Primer.....	6
2.1.1. Jaringan Distribusi Tipe <i>Radial</i> .....	7

2.1.2.	Jaringan Distribusi Tipe <i>Loop</i> .....	9
2.1.3.	Jaringan Distribusi Tipe <i>Mesh</i> .....	11
2.1.4.	Jaringan Distribusi <i>Spindel</i> .....	12
2.2.	Sistem Jaringan Distribusi 20 kV.....	14
2.2.1.	Gardu Induk Polehan Malang.....	14
2.3.	Keandalan Sistem.....	17
2.3.1.	Dasar-Dasar Keandalan.....	17
2.3.1.1.	Kualitas Listrik.....	17
2.3.1.2.	Periode Operasi .....	18
2.3.1.3.	Kondisi Operasi.....	18
 BAB III LOGIKA FUZZY DAN PERENCANAAN KEANDALAN		
	PENYULANG MENGGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY....	20
3.1.	Pengenalan Konsep Logika Fuzzy .....	20
3.1.1.	Himpunan Klasik.....	21
3.1.2.	Himpunan Fuzzy .....	22
3.1.3.	Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy .....	25
3.1.4.	Operasi Himpunan Fuzzy.....	29
3.1.5.	Proses Logika Fuzzy .....	30
3.2.	Perencanaan Keandalan Penyulang Menggunakan Logika Fuzzy .....	30
3.2.1.	Basis Pengetahuan.....	30
3.2.1.1.	Basis Data.....	31



3.2.1.2.	Basis Aturan .....	35
3.2.1.2.1.	Logika Pengambilan Keputusan.....	36
3.2.1.2.2.	Bentuk Aturan Kontrol Fuzzy .....	36
3.2.2.	Fuzzifikasi .....	37
3.2.3.	Mekanisme Inferensi .....	38
3.2.3.1.	Fungsi Implikasi .....	38
3.2.4.	Defuzzifikasi .....	40
3.2.5.	Indeks Resiko .....	41
3.3.	Contoh Aplikasi Sederhana Sistem Kontrol.....	42
3.3.1.	Pendekatan Konvensional .....	42
3.3.2.	Pendekatan <i>Fuzzy Logic Controller</i> .....	44
BAB IV	ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 kV DAN PERENCANAAN KEANDALAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN LOGIKA FUZZY PADA GARDU INDUK POLEHAN MALANG.....	49
4.1.	Umum.....	49
4.2.	Algoritma Program Logika Fuzzy.....	49
4.3.	<i>Flowchart</i> .....	51
4.4.	Data Penyulang Gardu Induk Polehan .....	52
4.5.	Perhitungan Gangguan Pada Gardu Induk Polehan Secara Manual.....	53
4.5.1.	Proses Fuzzifikasi.....	53
4.5.2.	Mekanisme Inferensi.....	54

4.5.3. Proses Defuzzifikasi .....	54
4.5.4. Resiko Gangguan Pelanggan.....	55
4.6. Perhitungan Gangguan Pada Gardu Induk Polehan Menggunakan Program .....	56
4.7. Perhitungan Perbaikan Gangguan Pada Penyulang Gardu Induk Polehan Secara Manual.....	62
4.7.1. Proses Fuzzifikasi.....	62
4.7.2. Mekanisme Inferensi .....	63
4.7.3. Proses Defuzzifikasi .....	63
4.7.4. Indeks Resiko Gangguan Setelah Perbaikan.....	64
BAB V PENUTUP .....	67
5.1. Kesimpulan.....	67
5.2. Saran.....	67

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Sistem Jaringan Distribusi <i>Radial</i> Tipe Pohon.....	8
2.2. Sistem Jaringan Distribusi <i>Radial</i> Tipe Pusat Beban.....	9
2.3. Jaringan Distribusi Tipe <i>Loop</i> .....	10
2.4. Jaringan Distribusi Tipe <i>Mesh</i> .....	12
2.5. Sistem Jaringan Distribusi <i>Spindel</i> .....	14
2.6. <i>Single Line Diagram</i> Gardu Induk Polehan Malang.....	16
3.1. Himpunan Fuzzy dan Istilahnya.....	23
3.2. Himpunan Fuzzy dan Penyokongnya.....	24
3.3. Bentuk-Bentuk Fungsi Keanggotaan.....	26
3.4. Fungsi Keanggotaan Segitiga.....	26
3.5. Fungsi Segitiga Himpunan Kecepatan Rendah.....	28
3.6. Fungsi Keanggotaan Jumlah Pohon ( <i>Exposure</i> ) .....	31
3.7. Fungsi Keanggotaan Panjang Penyulang ( <i>Length</i> ) .....	32
3.8. Fungsi Keanggotaan Umur Penyulang ( <i>Age</i> ).....	33
3.9. Fungsi Keanggotaan Jenis Konduktor ( <i>Conductor Type</i> ).....	34
3.10. Fungsi Keanggotaan Resiko Gangguan Penyulang ( <i>Risk of Interruption</i> ).....	35
3.11. Metode-Metode Defuzzifikasi.....	40

3.12.	Pengendali Tegas / Konvensional .....	43
3.13.	Himpunan Suhu Ruangan Sebagai Variabel Masukan.....	44
3.14.	Himpunan Kecepatan Kipas Sebagai Variabel Keluaran.....	45
3.15.	Mekanisme Inferensi Untuk Pengendali Suhu .....	47
4.1.	<i>Flowchart</i> Logika Fuzzy .....	51
4.2.	Fuzzifikasi Perhitungan Gangguan Penyulang Bunul.....	57
4.3.	<i>Rule</i> / Himpunan Aturan Fuzzy .....	57
4.4.	Fuzzy Himpunan Jumlah Pohon ( <i>Exposure</i> ).....	59
4.5.	Fuzzy Himpunan Panjang Penyulan ( <i>Length</i> ).....	59
4.6.	Fuzzy Himpunan Umur Penyulang ( <i>Age</i> ) .....	60
4.7.	Fuzzy Himpunan Jenis Konduktor ( <i>Conductor Type</i> ) .....	60
4.8.	Fuzzy Himpunan ( <i>Output</i> ) Resiko Gangguan Penyulang ( <i>Risk of Interruption</i> ).....	61
4.9.	Hasil Perhitungan Defuzzifikasi Resiko Gangguan Penyulang Bunul .....	61

## DAFTAR GRAFIK

Grafik	Halaman
4.1. Perbandingan Sebelum dan Setelah Perbaikan .....	66

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1. Data Penyulang Gardu Induk Polehan Malang .....	52
4.2. Data Pemotongan Pohon di Gardu Induk Polehan Malang.....	52
4.3. Resiko Gangguan Penyulang.....	55
4.4. Resiko Gangguan Pelanggan.....	56
4.5. Resiko Gangguan Penyulang Setelah Perbaikan.....	64
4.6. Resiko Gangguan Pelanggan Setelah Perbaikan.....	65
4.7. Perbandingan Resiko Gangguan Pelanggan Sebelum dan Setelah Perbaikan.....	66

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Fungsi dasar dari sistem kelistrikan modern adalah bagaimana menyediakan listrik pada konsumen dengan harga rendah dengan tingkat keandalan yang diijinkan. Aspek ekonomi dan keandalan masih menjadi masalah bagi sistem manager, perencana dan operator. Konsumen tertentu bersedia membayar lebih untuk meningkatkan keandalan sistem, seperti pada konsumen industri yang memerlukan tingkat keandalan tinggi. Jika hal ini tidak terpenuhi maka mereka akan memasang *Uninterruptable Power Supplies (UPS)* dan generator darurat untuk meningkatkan keandalan sistem kelistrikan mereka. Hal ini tidak akan terjadi jika sistem kelistrikan yang ada khususnya sistem distribusi yang melayani konsumen industri tersebut memiliki keandalan yang tinggi.

Untuk memenuhi tingkat keandalan suatu sistem khususnya sistem distribusi diperlukan analisis keandalan yang tepat dan benar padahal hal ini sulit dicapai. Pada umumnya dibantu menggunakan alat-alat statistik, tetapi analisisnya tergantung pada parameter-parameter dan nilai-nilai yang pada banyak kejadian merupakan perkiraan dan pendekatan dari model sistem yang dianalisis sehingga akan menghasilkan ketidakpastian dan estimasi yang berbeda-beda karena probabilitas kerusakan dari suatu komponen tidak diketahui, maka akan dilakukan pengambilan keputusan berdasarkan pertimbangan teknis atau pengalaman

perancang dengan komponen sejenis yang akan menambah atau memperbesar ketidakpastian.

Dengan adanya ketidakpastian dan pendekatan-pendekatan yang digunakan ini maka dengan menggunakan Logika Fuzzy dapat menjadi salah satu alternatif yang efektif untuk mengkarakteristikan keandalan dari suatu sistem khususnya sistem distribusi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Mengingat begitu pentingnya analisis dan keandalan suatu sistem bagi perusahaan penyalur tenaga listrik, maka ada beberapa permasalahan yang sering dihadapi, yaitu :

1. Bagaimana tingkat keandalan tiap penyulang.
2. Bagaimana tingkat keandalan penyulang setelah perbaikan penyulang.

Dari permasalahan di atas, maka makalah ini berjudul : **“ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 kV DENGAN MENGGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY DI UNIT PELAYANAN GARDU INDUK POLEHAN MALANG”**

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Dari permasalahan di atas maka dapat ditentukan bahwa tujuan dari penulisan skripsi ini adalah :

1. Menganalisis sejauh mana tingkat keandalan sistem 20 kV sehingga bisa ditentukan nilai keandalan setiap penyulang.



2. Merencanakan keandalan sistem untuk penyulang yang mempunyai keandalan rendah.

Kedua tujuan tersebut menggunakan pendekatan Logika Fuzzy sebagai dasar pengerjaannya.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Berupa batasan yang digunakan untuk menyusun skripsi ini adalah :

1. Menentukan keandalan atau indeks resiko penyulang dari tiap-tiap penyulang.
2. Menentukan jumlah pelanggan yang beresiko mengalami gangguan.
3. Perhitungan perbaikan penyulang yang dilakukan oleh PLN.
4. Dalam perbaikan penyulang mempertimbangkan :
  - Pemotongan dahan pohon
  - Penggantian konduktor
5. Dalam perhitungan perbaikan, faktor penyebab gangguan hanya meliputi jumlah pohon rawan gangguan, panjang penyulang, usia penyulang dan jenis konduktor penyulang.
6. Pada analisis ini tidak memperhitungkan biaya perbaikan

#### **1.5 Metodologi**

Agar penyusunan skripsi ini sesuai dengan tujuan yang diharapkan, maka harus mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

- Studi pustaka yaitu mengumpulkan referensi baik jurnal maupun buku yang berhubungan dengan pembahasan.
- Survei yaitu pengumpulan data lapangan yang selanjutnya menjadi dasar proses penelitian.

- Analisis yaitu langkah terakhir yang didasari pada perhitungan-perhitungan sesuai formula yang ditentukan.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada skripsi ini adalah :

- Bab I : Pendahuluan. Di dalamnya berisi tentang latar belakang rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi, kontribusi penelitian, kajian pustaka dan sistematika penulisan.
- Bab II : Sistem Jaringan Distribusi 20 kV dan Keandalan Sistem. Bagian ini terdiri dari teori-teori tentang sistem distribusi 20 kV dan serta keandalannya.
- Bab III : Logika Fuzzy dan Perencanaan Keandalan Penyulang Menggunakan Metode Logika Fuzzy. Yaitu berisi tentang teori logika fuzzy dan perencanaan keandalan penyulang dengan menggunakan metode logika fuzzy.
- Bab IV : Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV dan Perencanaan Keandalannya Menggunakan Pendekatan Logika Fuzzy pada Gardu Induk Polehan Malang. Merupakan perhitungan-perhitungan dengan menggunakan pendekatan logika fuzzy sehingga dapat ditentukan keandalan sistem dari setiap penyulang dan selanjutnya perhitungan perencanaan keandalan untuk penyulang yang memiliki keandalan terendah.

**Bab V : Kesimpulan. Merupakan kesimpulan dari keseluruhan uji perhitungan program.**

## BAB II

### SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV DAN KEANDALAN SISTEM

#### 2.1. Sistem Jaringan Distribusi Primer<sup>[1]</sup>

Sistem jaringan distribusi primer merupakan sistem jaringan distribusi tenaga listrik yang panjang. Jaringan distribusi primer berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari Gardu Induk ke pusat-pusat beban atau konsumen tegangan menengah.

Dalam hal ini tegangan operasi yang umum dipakai di Indonesia adalah tegangan 20 kV dengan 3 fasa 3 kawat dan direntangkan dari tiang ke tiang melalui isolator-isolator di sepanjang daerah yang membutuhkan suplai tenaga listrik yang mempergunakan konduktor telanjang atau konduktor berisolasi.

Sistem tenaga listrik pada jaringan distribusi primer dapat dibedakan dalam beberapa macam sistem jaringan. Masing-masing sistem tersebut mempunyai karakteristik yang berlainan antara yang satu dengan yang lainnya. Sistem jaringan distribusi primer tersebut antara lain :

- Sistem *Radial*
- Sistem *Loop*
- Sistem *Mesh*
- Sistem *Spindel*

### 2.1.1. Jaringan Distribusi Tipe *Radial*<sup>[1]</sup>

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk dasar, paling sederhana dan paling banyak digunakan. Dinamakan "*Radial*" karena saluran ini ditarik secara *radial* dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu, dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban yang dilayani. Catu daya berasal dari satu titik sumber, dan karena adanya pencabangan-pencabangan tersebut, maka arus beban yang mengalir sepanjang saluran menjadi tidak rata (tidak sama besar).

Keuntungan dari sistem jaringan distribusi tipe *radial* ini adalah:

- Bentuknya sederhana
- Biaya investasinya relatif lebih murah.

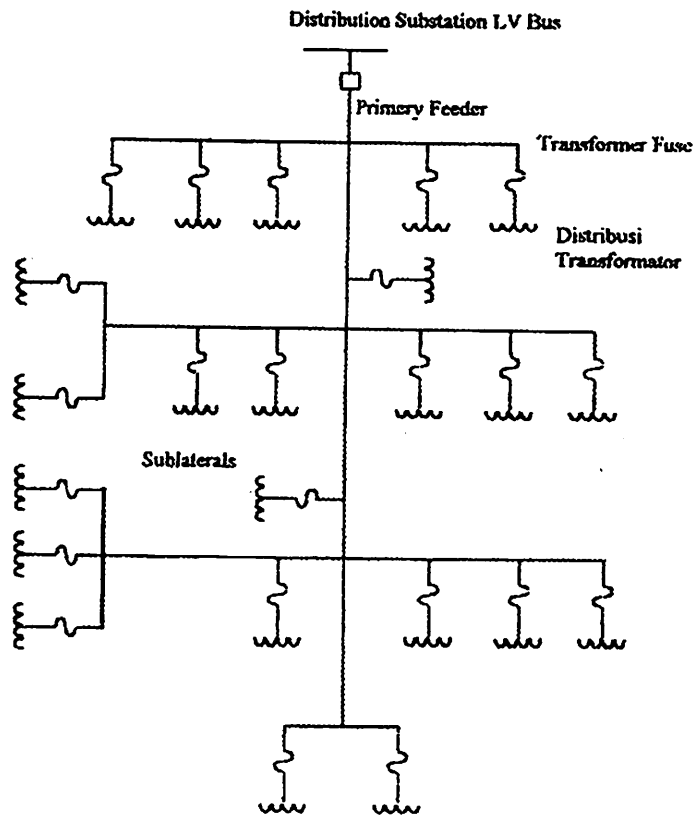
Kerugian dari sistem jaringan distribusi tipe *radial*, adalah :

- Kualitas pelayanan dayanya relatif jelek
- Kontinuitas pelayanan daya tidak terjamin
- Mempunyai kerugian tegangan yang besar.

Sistem jaringan distribusi *radial* dapat digolongkan menjadi 2 macam yaitu :

#### 1. Sistem *Radial* Tipe Pohon<sup>[1]</sup>

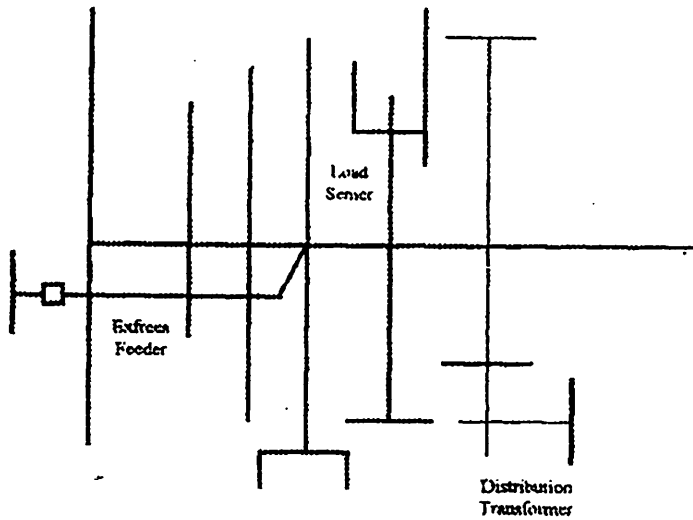
Sistem ini merupakan jaringan yang berbentuk paling dasar. Hanya terdiri dari satu saluran utama (*Express Feeder*) yang direntangkan menurut kebutuhan, dan selanjutnya dibagi lagi menjadi beberapa cabang. Sistem *radial* tipe pohon seperti terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1.<sup>[1]</sup>  
Sistem Jaringan Distribusi *Radial* Tipe Pohon

## 2. Sistem *Radial* Tipe Pusat Beban

Sistem ini merupakan jaringan yang mensuplai daya dengan menggunakan saluran utama (*Express Feeder*) langsung ke pusat beban, dan dari pusat beban ini disebar secara radial. Sistem radial tipe pusat beban dapat dilihat pada gambar 2.2.

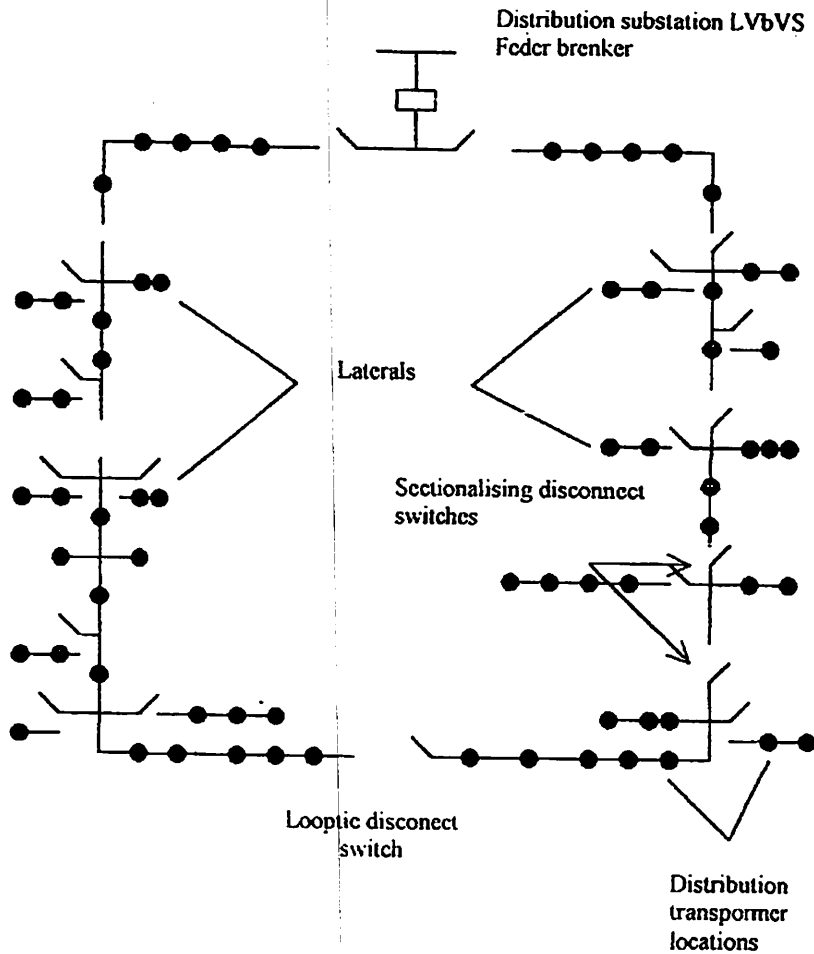


Gambar 2.2.<sup>[1]</sup>  
Sistem Jaringan Distribusi *Radial* Tipe Pusat Beban

### 2.1.2. Jaringan Distribusi Tipe *Loop*<sup>[1]</sup>

Suatu sistem jaringan distribusi primer yang dimulai dari gardu induk, melalui daerah beban dan kemudian kembali lagi ke gardu induk yang sama, sistem penyaluran ini dinamakan sistem jaringan distribusi primer tipe *ring/loop*. Jaringan ini adalah modifikasi dari dua jaringan primer tipe *radial* yang ujung-ujungnya dihubungkan.

Susunan rangkaian *feeder* membentuk *ring*, yang memungkinkan titik beban dilayani dari dua arah *feeder*, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin, serta kualitas rugi daya pada saluran menjadi lebih kecil. Jaringan distribusi tipe *loop* ini dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3.<sup>[1]</sup>  
 Jaringan Distribusi Tipe *Loop*

Keuntungan jaringan distribusi tipe *loop* ini adalah :

- Digunakan untuk mensuplai beban dengan kerapatan beban yang lebih besar.
- Mempunyai tingkat keandalan yang cukup tinggi.
- Sistem pengoperasiannya sangat mudah.

Kerugian sistem jaringan distribusi tipe *loop* adalah :

- Biaya pemasangan cukup mahal.
- Memerlukan biaya pemeliharaan yang cukup tinggi.



### 2.1.3. Jaringan Distribusi Tipe *Mesh*<sup>[1]</sup>

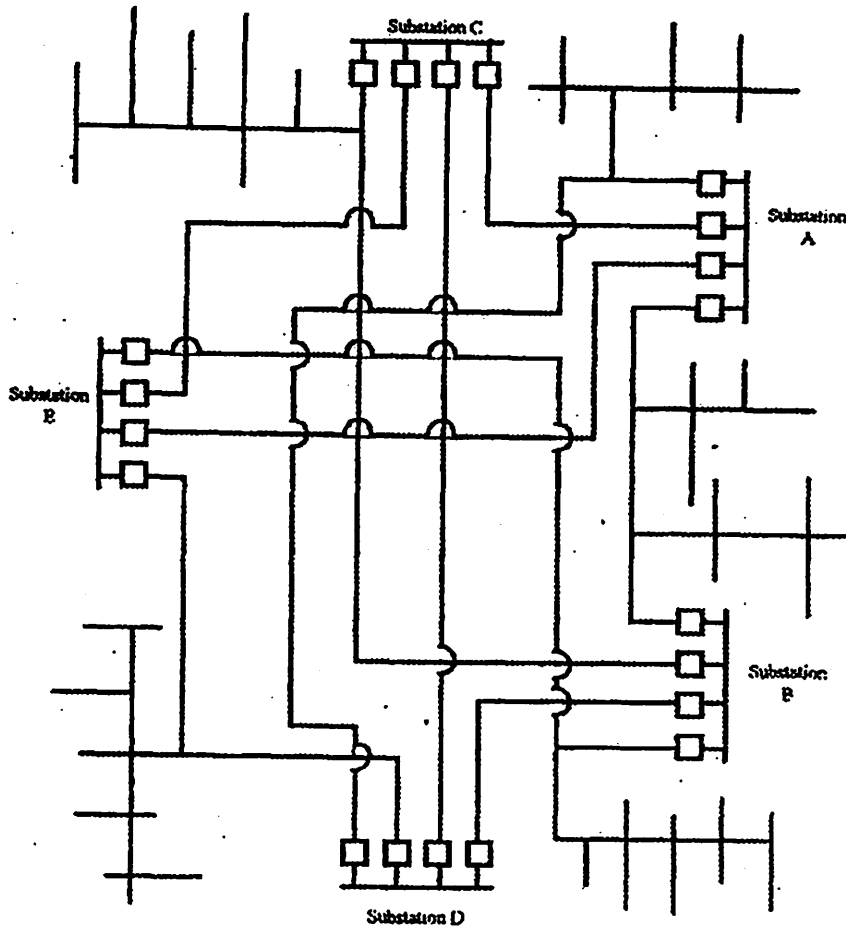
Jaringan ini berbentuk *mesh*, yang merupakan kombinasi antara *radial* dan *loop*. Titik beban memiliki lebih banyak alternatif saluran/*feeder*, sehingga bila salah satu *feeder* terganggu dengan segera dapat digantikan oleh *feeder* yang lain. Dengan demikian kontinuitas penyaluran daya sangat terjamin. Jaringan distribusi tipe *mesh* ini dapat dilihat pada gambar 2.4.

Keuntungan jaringan distribusi primer tipe *mesh* adalah :

- Kontinuitas penyaluran daya cukup terjamin.
- Kualitas tegangannya baik, rugi daya pada saluran sangat kecil.
- Dibandingkan dengan bentuk lain, paling fleksibel dalam mengikuti pertumbuhan dan perkembangan beban.

Kerugian jaringan distribusi primer tipe *mesh* adalah :

- Sebelum pelaksanaannya, diperlukan koordinasi perencanaan yang teliti dan rumit.
- Memerlukan biaya investasi yang mahal.
- Memerlukan tenaga-tenaga terampil dalam pengoperasiannya.



Gambar 2.4.<sup>[1]</sup>  
Jaringan Distribusi Tipe *Mesh*

#### 2.1.4. Jaringan Distribusi *Spindel*<sup>[1]</sup>

Sistem jaringan distribusi tipe *spindel* ini merupakan pengembangan dari penyempurnaan dari sistem tipe *loop* secara umum. Konstruksi dan fungsi operasionalnya hampir sama, yang membedakannya adalah pada sistem distribusi tipe *spindel* ini mempunyai *feeder* (penyulang) khusus yang tidak dibebani, yang disebut dengan penyulang cadangan (*Express Feeder*). *Feeder* cadangan ini dalam keadaan normal tidak berbeban dan mempunyai tegangan sesuai dengan tegangan

kerja sistem. Kelebihan lainnya adalah terdapatnya gardu hubung pada ujung-ujung dari beberapa *feeder*.

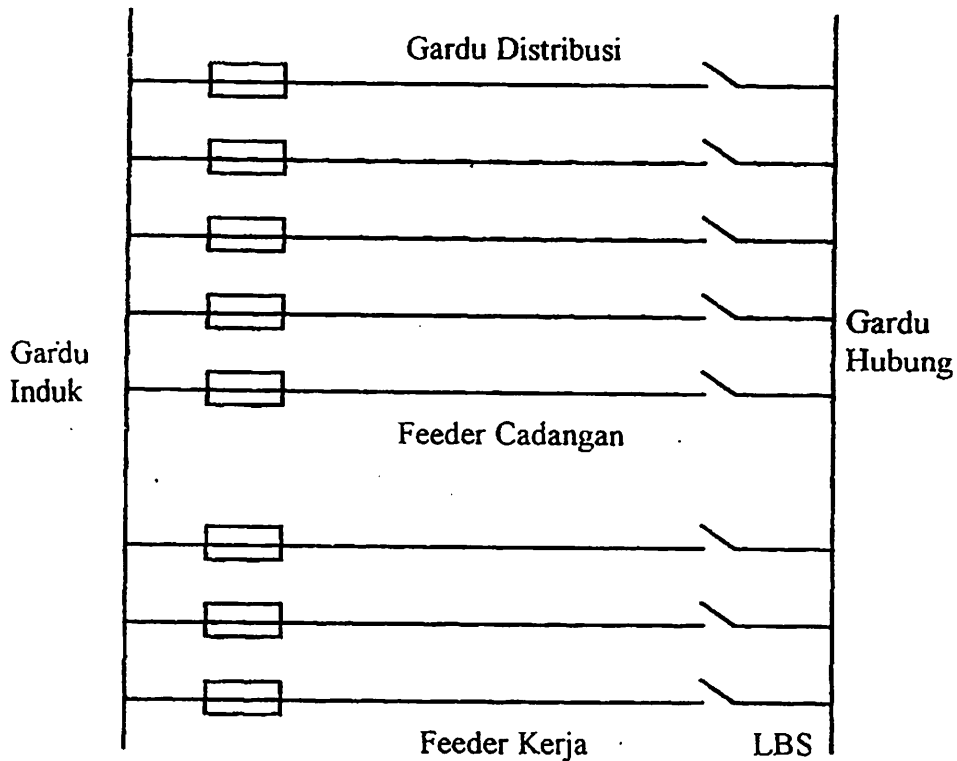
Susunan jaringan distribusi tipe *spindel* adalah terdiri atas beberapa saluran utama dan sebuah saluran khusus atau disebut dengan *Express Feeder*, baik saluran utama maupun saluran khusus memakai kabel. Kabel cadangan ini khusus digunakan untuk melayani bila terjadi gangguan pada salah satu *feeder*. Kabel tersebut dihubungkan langsung dari gardu induk menuju gardu hubung melalui lintasan yang terpendek. Jaringan distribusi tipe *spindel* ini dapat dilihat pada gambar 2.5.

Keuntungan dan kerugian tipe *spindel* adalah :

- Mempunyai keandalan sistem yang tinggi.
- Beban pada setiap *feeder* terbatas.
- Rugi tegangan dan rugi daya relatif kecil.

Kerugian sistem jaringan distribusi *spindel* adalah :

- Penyaluran daya relatif besar.
- Biayanya sangat mahal.
- Harus mempunyai tenaga lapangan yang terampil.
- Sistem penyaluran tidak bisa dikembangkan, seperti sistem jaringan yang lainnya.



Gambar 2.5.<sup>[1]</sup>  
Sistem Jaringan Distribusi *Spindel*

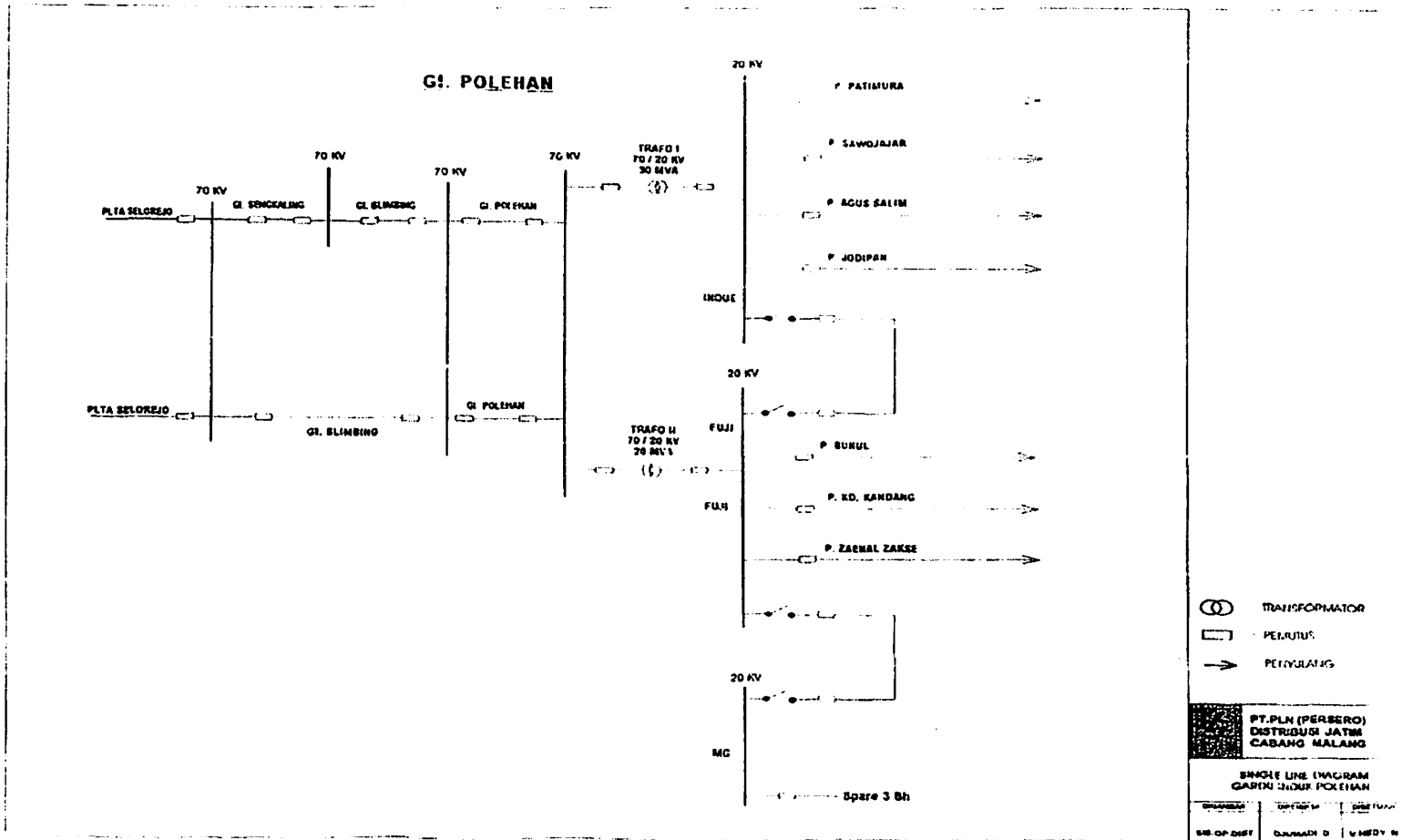
## 2.2. Sistem Jaringan Distribusi 20 kV

### 2.2.1. Gardu Induk Polehan Malang

Penyulang merupakan saluran *outgoing* distribusi dari gardu induk. Gardu induk polehan malang mempunyai 7 penyulang tegangan menengah 20 kV yang mensuplai pelanggan kawasan kota malang. Penyulang tagangan menengah tersebut disuplai dari 2 buah transformator penurun tegangan, yang menurunkan tegangan transmisi dari 70 kV ke 20 kV.

Gardu induk polehan disupali dari PLTA Selorejo dan berinterkoneksi dengan gardu induk Sengkaling dan gardu induk Blimbing. Transformator I berkapasitas 30 MVA dan mensuplai penyulang Bunul, Kedung Kandang dan

Zaenal Zakse. Transformator II mensuplai penyulang Patimura, Sawojajar, Agus Salim dan Jodipan. *Single line* diagram gardu induk Polehan dapat di lihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6.  
 Single Line Diagram Gardu Induk Polehan Malang

## **2.3. Keandalan Sistem<sup>[2]</sup>**

### **2.3.1. Dasar-Dasar Keandalan**

Keandalan (kelangsungan pelayanan) adalah kemungkinan kelangsungan pelayanan beban dengan kualitas listrik yang baik untuk suatu periode tertentu dengan kondisi operasi yang sesuai.

Keandalan merupakan suatu persyaratan yang tidak boleh diabaikan. Dalam perencanaan suatu sistem keandalan, suatu sistem tenaga listrik sangat tergantung pada keandalan peralatan-peralatan yang mendukung sistem tersebut, proses-proses alamiah, kesalahan operator dan kesalahan lain-lain.

Dari definisi keandalan di atas, maka unsur-unsur yang sangat erat hubungannya faktor keandalan adalah :

1. Kualitas listrik yang baik.
2. Periode operasi.
3. Kondisi operasi yang baik

#### **2.3.1.1. Kualitas Listrik**

Kualitas listrik ditentukan dengan membuat standart dan batas toleransi dari variabel kualitas yang antara lain mencakup tegangan, frekuensi, faktor kerja. Kualitas listrik dapat dipertahankan dengan cara memakai peralatan-peralatan kontrol kualitas yang mampu menjaga agar harga-harga variabel kualitas selalu berada pada batas-batas toleransi yang diijinkan.

### **2.3.1.2. Periode Operasi**

Sebuah peralatan listrik mempunyai waktu kerja terbatas, sebab prestasi kerja sebuah peralatan pada suatu waktu tertentu akan menurun. Bila setelah waktu itu tetap dioperasikan, maka peralatan tersebut tidak akan memberikan prestasi kerja yang optimum lagi. Dengan demikian mengoperasikan peralatan pada situasi semacam itu akan memberikan efisiensi kerja yang rendah.

Selang waktu permulaan alat bekerja, hingga prestasi kerjanya menurun disebut dengan umur ekonomis. Suatu peralatan dalam jangka umur ekonomisnya dijamin akan memberikan prestasi kerja yang baik, dengan syarat peralatan tersebut harus dikerjakan dalam kondisi operasi yang sesuai. Angka keandalan atau kegagalan dari sebuah peralatan hanya berlaku selama umur ekonomisnya, karena di luar ekonomisnya, keandalan sebuah peralatan akan menurun dengan *rate* yang tidak tertentu.

### **2.3.1.3. Kondisi Operasi**

Sebuah peralatan mempunyai persyaratan kondisi tertentu yang harus dipenuhi atau ditaati dalam operasi sehari-hari untuk menghindari kemungkinan terjadinya kerusakan. Biasanya sebuah pabrik memberikan jaminan, bahwa peralatan hasil produksinya akan memberikan pelayanan sesuai dengan yang dikehendaki, dengan syarat peralatan-peralatan tersebut dioperasikan pada kondisi operasi yang sesuai.

Hal ini penting, karena pabrik melakukan pengetesan peralatan memakai persyaratan kondisi operasi tertentu, sehingga bila peralatan dioperasikan dalam



kondisi operasi yang tidak sesuai, peralatan tersebut tidak akan memberikan prestasi kerja sesuai yang diinginkan.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kondisis operasi sebuah peralatan antara lain :

- Temperatur
- Curah Hujan
- Kelembaban
- Ketinggian
- Pengaturan

## **BAB III**

### **LOGIKA FUZZY DAN PERENCANAAN KEANDALAN PENYULANG MENGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY**

#### **3.1. Pengenalan Konsep Logika Fuzzy<sup>[3],[4]</sup>**

Pada dasarnya manusia mengenal obyek dengan memberikan kualifikasi secara kualitatif seperti besar, kecil, tinggi, rendah, agak, cukup, sangat dan sebagainya yang kesemuanya itu dikatakan sebagai variabel linguistik. Variabel linguistik inilah yang digunakan dalam konsep himpunan fuzzy.

Suatu dalil dapat benar dalam suatu kondisi dan juga bisa salah dalam kondisi lainnya. “Apel yaitu buah yang berwarna merah” adalah suatu dalil. Jika kita memegang buah apel Batu yang warnanya hijau maka dalil “Apel yaitu buah yang berwarna merah” adalah salah. Sebaliknya jika buah apel yang dipegang memang berwarna merah maka dalil tersebut betul. Tetapi bila buah apel tersebut berwarna merah bercampur hijau maka dalil itu tidak salah dan tidak benar. Hal inilah yang melahirkan konsep himpunan fuzzy (fuzzy set).

Konsep himpunan fuzzy pertama kali dikenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh dari California University di Barkeley dalam makalahnya “*Fuzzy Set*” pada tahun 1965. Teori dan aplikasinya terus dikembangkan oleh para ahli diantaranya adalah Richart Tong yang mengembangkan teori tentang model dinamis suatu sistem pengaturan dengan fuzzy logic melalui penurunan persamaan waktu diskrit dan

konsep kestabilan, serta M.M. Gupta dan T. Yamakawa mengajukan struktur multivariabel untuk menganalisa sistem pengaturan fuzzy.

Secara leksikal, fuzzy berarti kabur atau tidak jelas. Fuzzy logic merupakan metodologi untuk menyatakan hukum operasional sistem dengan ungkapan bahasa bukan dengan persamaan matematis.

Pada perancangan suatu sistem kontrol umumnya ditentukan model matematisnya terlebih dahulu. Dalam kenyataannya, sistem asli ternyata tidak sepenuhnya dapat diwakili oleh model matematis yang dipakai untuk menyatakan sistem tersebut. Sehingga persamaan matematis sulit digunakan untuk merepresentasikan sistem tersebut. Dalam kasus seperti itu ungkapan bahasa yang digunakan dalam logika fuzzy dapat membantu mendefinisikannya. Ungkapan bahasa dinyatakan dalam implikasi logika yaitu aturan jika-maka (*if-then*).

*Jika* suhu ruangan panas *maka* atur kecepatan kipas angin pada posisi sedang. Ungkapan panas dan sedang sebenarnya adalah himpunan yang mendefinisikan sekumpulan variabel linguistik dan mempunyai nilai-nilai yang dikenal dengan fungsi keanggotaan.

### 3.1.1. Himpunan Klasik

Pada himpunan klasik yang digunakan adalah logika boolean (*boolean logic*). Himpunan klasik memberikan jawaban yang merupakan suatu anggota atau tidak dari suatu himpunan. Nilai yang dimungkinkan terbatas antara 0 atau 1 yang menunjukkan bukan anggota atau anggota himpunan bagian. Seperti hitam atau putih serta tidak mempunyai suatu keputusan untuk abu-abu. Harga 0 dan 1

diberikan oleh derajat keanggotaan (*degree of membership*)  $\mu$ . Suatu pernyataan yang menggunakan logika boolean dinamakan *crisp* atau pernyataan *nonfuzzy*.

Contoh dari pernyataan *crisp* yaitu:

- Jika kita menyatakan sekarang pasti turun hujan, pernyataan tersebut dapat bernilai 0 atau 1. Pernyataan ini dinamakan *crisp*.

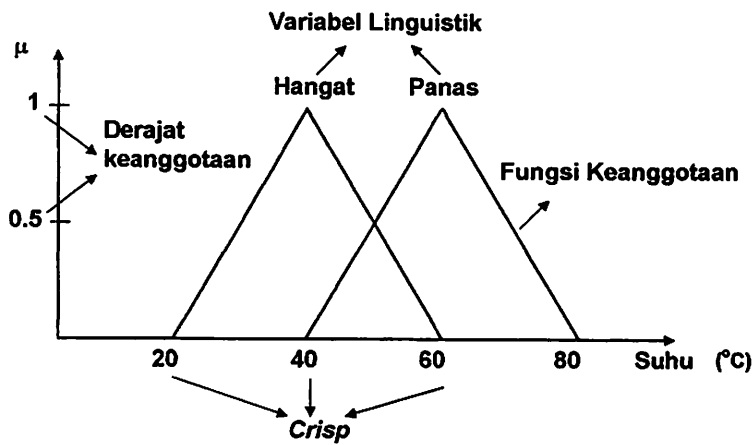
Harga kebenaran himpunan A dalam semesta pembicaraan X dapat dinyatakan dengan :

$$\mu_A(x) : \begin{cases} 1 & \text{jika } x \in A \\ 0 & \text{jika } x \notin A \end{cases} \dots\dots\dots (3.1)$$

### 3.1.2. Himpunan Fuzzy

Dalam mengontrol sistem atau proses, seorang operator seringkali menggunakan besaran pengukuran yang dinyatakan dengan ungkapan cepat, lambat, cukup, agak dan sebagainya. Untuk merepresentasikan yang tidak eksak ini digunakan suatu pendekatan yaitu dengan himpunan fuzzy.

Pada *fuzzy logic* harga kebenaran ini diberikan oleh terminologi linguistik dengan menyatakan derajat kekaburannya (*fuzziness*). *Fuzzy logic* dikembangkan dari logika boolean atau logika klasik (*crisp*) dimana pada logika fuzzy terdapat level-level diantara 0 sampai dengan 1 atau antara salah dan benar. Agar lebih jelas gambar 3.1.<sup>[5]</sup> memperlihatkan himpunan fuzzy beserta istilah-istilahnya.



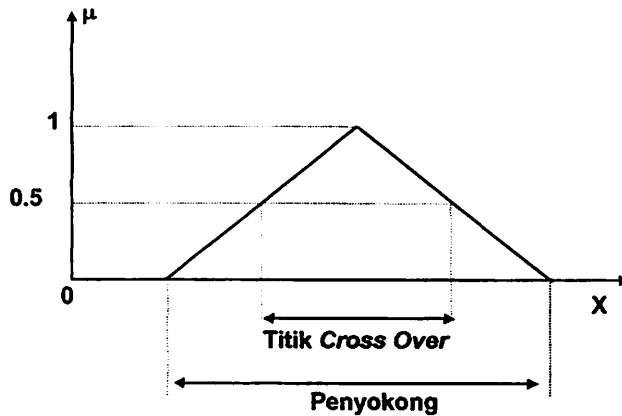
Gambar 3.1.  
Himpunan Fuzzy dan Istilahnya

Jika  $X$  mempunyai elemen-elemen atau titik-titik yang terdiri dari  $x$  maka suatu elemen  $x$  dalam himpunan bagian fuzzy  $A$  mempunyai derajat keanggotaan  $\mu_A(x)$ . Jika  $\mu_A(x) = 1$  maka  $x$  adalah himpunan bagian  $A$ , begitu pula sebaliknya. Jika  $\mu_A(x) = \mu$  dengan  $0 < \mu < 1$  maka dikatakan anggota  $A$  yang mempunyai derajat keanggotaan  $\mu$ . Dalam himpunan fuzzy  $A$ ,  $x$  disebut sebagai penyokong (*support*)  $A$ .

Penyokong himpunan bagian fuzzy  $A$  adalah kumpulan semua titik mulai dari  $x_1, x_2, \dots, x_n$  yang mana  $\mu_A(x) > 0$  atau dapat ditulis sebagai :

▪ Penyokong =  $\{ x \mid \mu_A(x) > 0 \}$  ..... (3.2)

Jika  $\mu_A(x) = 0.5$  dikatakan menjadi sebuah titik *cross over* di  $A$ . Gambar 3.2. akan menjelaskan pernyataan tersebut.



Gambar 3.2.  
Himpunan Fuzzy dan Penyokongnya

Himpunan fuzzy beserta unsur-unsur penyokongnya dapat dinyatakan sebagai berikut :

- $A = \{ \mu_A(x_i), i=1, 2, 3, \dots, n \text{ dan } x \in X \text{ dimana } X = \text{semesta pembicaraan} \}$

Atau dapat pula dinyatakan dalam

- $A = \mu_1/x_1 + \mu_2/x_2 + \dots + \mu_n/x_n$ , dimana tanda + menyatakan gabungan

$$= \sum_{i=1}^n \mu_i / x_i$$

$$= \bigcup_i \mu_i / x_i \dots \dots \dots (3.3)$$

Contoh sederhana agar lebih memahami pernyataan-pernyataan tersebut yaitu :

- Jika  $X = \{ \text{Jakarta, Surabaya, Malang, Blitar} \}$  adalah himpunan kota yang harus dipilih untuk dijadikan tempat tinggal.
- Himpunan fuzzy  $C = \text{kota yang diinginkan untuk bertempat tinggal}$  adalah :

$$C = \{( \text{Jakarta}, 0.2), (\text{Surabaya}, 0.4), (\text{Malang}, 0.8), (\text{Blitar}, 0.6)\}$$

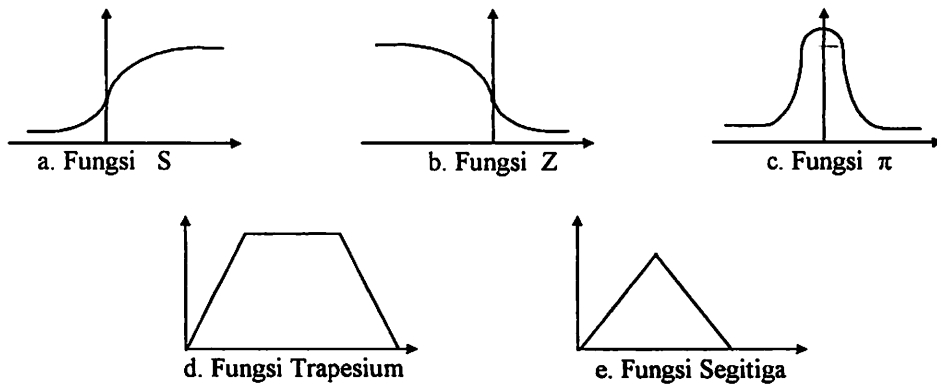
$$C = \text{Jakarta}/ 0.2 + \text{Surabaya}/ 0.4 + \text{Malang}/ 0.8 + \text{Blitar}/ 0.6$$

Derajat keanggotaan yang terbesar mempunyai bobot lebih besar untuk menjadi anggota himpunan fuzzy tersebut. Dalam contoh ini berarti Malang lebih diminati untuk dijadikan tempat tinggal dari pada yang kota lainnya dan Jakarta kurang diminati dari pada yang kota lainnya.

### 3.1.3. Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy

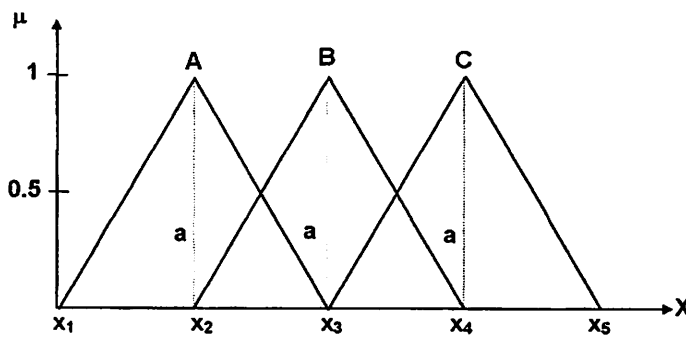
Untuk menyatakan tingkat keanggotaan dari tiap penyokong dalam himpunan fuzzy digunakan fungsi keanggotaan (*membership function*). Fungsi keanggotaan ini mengkarakteristikan tiap penyokong dari himpunan fuzzy sedemikian rupa sehingga setiap penyokong mempunyai nilai keanggotaan dalam interval [0:1].

Fungsi keanggotaan dapat berbentuk fungsi segitiga, fungsi eksponen, trapesium, fungsi S atau fungsi Z. Gambar 3.3. memperlihatkan fungsi-fungsi yang dimaksud. Di sini dipilih pendekatan dengan fungsi segitiga karena mempunyai perhitungan yang lebih cepat.



Gambar 3.3.  
Bentuk-Bentuk Fungsi Keanggotaan

Untuk menurunkan rumus dalam mencari derajat keanggotaan pada fungsi keanggotaan segitiga, gambar 3.4. dapat dijadikan dasar agar memudahkan penurunan rumus tersebut.



Gambar 3.4.  
Fungsi Keanggotaan Segitiga

Derajat keanggotaan himpunan A adalah :

$$\begin{aligned}
 \mu_A(x) &= 0 && \forall x \leq x_1 \text{ atau } x \geq x_2 \\
 \mu_A(x) &= (x - x_1)/x_2 && \forall x_1 \leq x \leq x_2 \\
 &= (x_3 - x)/x_2 && \forall x_2 \leq x \leq x_3 \dots\dots\dots (3.4)
 \end{aligned}$$



Derajat keanggotaan masing-masing himpunan bagian fuzzy dapat pula ditentukan dengan rumus :

$$\mu_F(x) = 1 - \frac{\sqrt{(x - a)^2}}{b} \dots\dots\dots (3.5)$$

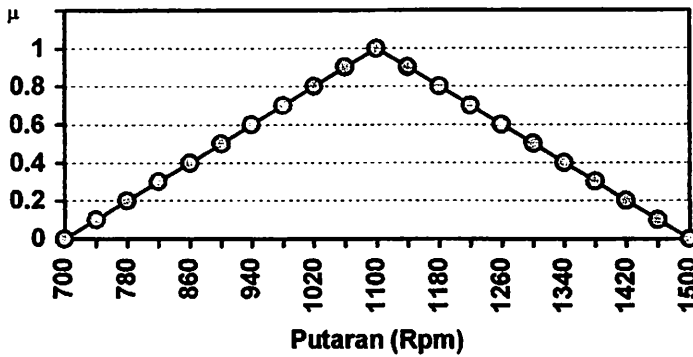
di mana b adalah titik tengah semua himpunan bagian fuzzy. Karena yang digunakan adalah fungsi segitiga simetris (seragam) maka nilai b adalah sama untuk semua himpunan. Dalam hal ini  $b = (x_3 - x_1) / 2$  untuk himpunan A,  $(x_4 - x_2) / 2$  untuk himpunan B dan  $(x_5 - x_3) / 2$  untuk himpunan C. Sedangkan a adalah titik tengah masing-masing himpunan bagian fuzzy, yaitu untuk himpunan A :  $a = x_2$ , untuk himpunan B :  $a = x_3$  dan untuk himpunan C :  $a = x_4$ .

Pada umumnya fungsi keanggotaan yang digunakan didefinisikan dengan dua cara yaitu :

1. Pendefinisian secara numerik, digunakan untuk mendefinisikan fungsi keanggotaan pada himpunan fuzzy dengan bilangan.

Contoh :

Tinjau gambar 3.5. yang mendefinisikan himpunan kecepatan rendah.



Gambar 3.5.  
Fungsi Segitiga Himpunan Kecepatan Putaran Rendah

Untuk himpunan bagian A (kecepatan Putaran Rendah) pada semesta pembicaraan X (Kecepatan Putaran Generator) dengan penyokongnya dapat dimisalkan sebagai berikut :

- $A = \{ 700, 780, 860, 940, 1020, 1100, 1180, 1260, 1340, 1420, 1500 \}$  rpm
- $\mu_A(x) = \{ 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2, 0 \}$

maka himpunan A yang didefinisikan untuk himpunan elemen di atas adalah :

- $A = 0/700 + 0.2/780 + 0.4/860 + 0.6/940 + 0.8/1020 + 1/1100 + 0.8/1180 + 0.6/1260 + 0.4/1340 + 0.2/1420 + 0/1500$

2. Pendefinisian secara fungsional, digunakan untuk mendefinisikan fungsi keanggotaan pada himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan.

Contoh :

Himpunan bagian A (Kecepatan Putaran Rendah) pada semesta pembicaraan X (Kecepatan Putaran Generator) dengan penyokongnya dapat dimisalkan sebagai berikut:

- $A = \{x \mid x \text{ terletak antara } 700 \text{ sampai dengan } 1500 \text{ rpm}\}$

Maka untuk setiap  $x \in A$  dapat didefinisikan suatu fungsi keanggotaan  $\mu_A(x)$  yang dinyatakan secara fungsional (pendekatan dengan fungsi segitiga) dengan rumus (3.4) dan (3.5), yaitu :

$$\begin{aligned}\mu_A(x) &= 0 && \forall x \leq 700 \text{ atau } x \geq 1500 \\ &= (x - 700)/400 && \forall 700 \leq x \leq 1100 \\ &= (1500 - x)/400 && \forall 1100 \leq x \leq 1500\end{aligned}$$

$$\text{atau } \mu_A = 1 - \frac{\sqrt{(x - 1100)^2}}{400}$$

### 3.1.4. Operasi Himpunan Fuzzy

Operasi himpunan  $A$  dan  $B$  dari semesta pembicaraan (*universe of discourse*)  $X$  dengan fungsi keanggotaan masing-masing  $\mu_A$  dan  $\mu_B$  adalah :

- $A$  adalah komplemen  $B$ .

$$\mu_{A^c}(x) = 1 - \mu_B(x)$$

- Gabungan (*union*)  $A$  dengan  $B$  atau  $(A \cup B)$ .

$$\begin{aligned}\mu_{A \cup B}(x) &= \text{Max}[\mu_A, \mu_B] \\ &= \vee [\mu_A, \mu_B]\end{aligned}$$

- Irisan (*intersection*)  $A$  dengan  $B$  atau  $(A \cap B)$ .

$$\begin{aligned}\mu_{A \cap B} &= \text{Min}[\mu_A, \mu_B] \\ &= \wedge [\mu_A, \mu_B]\end{aligned}$$

### 3.1.5. Proses Logika Fuzzy

Di dalam proses logika fuzzy (*fuzzy logic processing*) diperlukan tiga tahapan yang terdiri dari :

1. Tahap Fuzzifikasi (*Fuzzyfication*) yaitu mengubah variable *input* yang berupa variable *crisp* ke dalam variable *fuzzy*.
2. Tahap Inferensi (*Rule Evaluation*) yaitu mencari nilai aksi dengan memberikan bobot pada setiap aturan yang diberikan.
3. Tahap Defuzzifikasi (*Defuzzyfication*) yaitu mengubah variable fuzzy yang terbentuk dari proses *rule evaluation* menjadi variabel *crisp*.

## 3.2. Perencanaan Keandalan Penyulang Menggunakan Logika Fuzzy

Pada jurnal<sup>[1]</sup>, perencanaan keandalan penyulang dengan menggunakan metode logika fuzzy adalah dengan cara menggabungkan ke empat aspek penyebab gangguan, yaitu jumlah pohon (*exposure*), panjang penyulang (*length*), umur penyulang (*age*) dan diameter penyulang (*conductor type*) untuk memperoleh resiko gangguan (*risk of interruption*) pada penyulang tersebut.

### 3.2.1. Basis Pengetahuan

Basis Pengetahuan (*knowledge base*) dalam *fuzzy logic controller* adalah bagian yang berisi basis data dan basis aturan. Basis pengetahuan harus disiapkan terlebih dahulu sebelum proses yang lain dimulai, sehingga pada saat melakukan proses mekanisme inferensi basis pengetahuan yang telah tersedia langsung dapat digunakan.

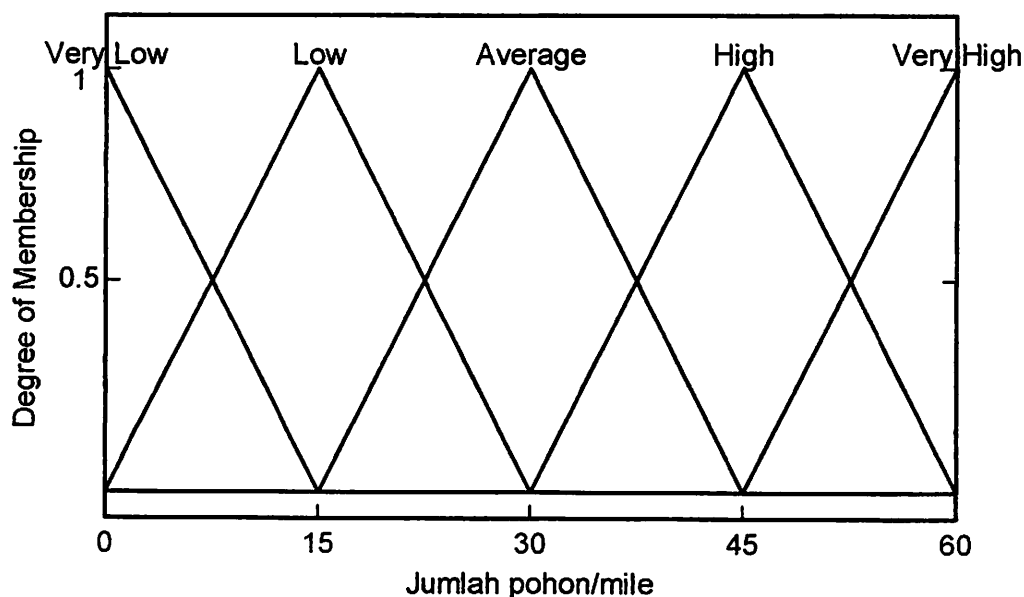
### 3.2.1.1. Basis Data

Basis data mendefinisikan himpunan fuzzy atas hubungan *input-output* dalam bentuk variabel linguistik. Pemilihan fungsi keanggotaan dapat dipilih bebas termasuk jenis fungsinya beserta nilai keanggotaannya. Tetapi pemilihan ini telah ditentukan dalam jurnal<sup>[1]</sup>, yaitu dengan menggunakan fungsi keanggotaan berbentuk segitiga dan *singleton*.

Pada fungsi keanggotaan jumlah pohon (*exposure*) yang berbentuk segitiga dinotasikan sebagai *LE*, dalam variabel linguistik ditentukan dengan<sup>[5]</sup> :

$$LE = [Very\ Low, Low, Average, High, Very\ High]$$

dengan nilai *crisp* maksimal 60 (pohon/mile). Tiap istilah ini dinyatakan sebagai himpunan fuzzy yang dapat dilihat pada gambar 3.6.<sup>[4]</sup>

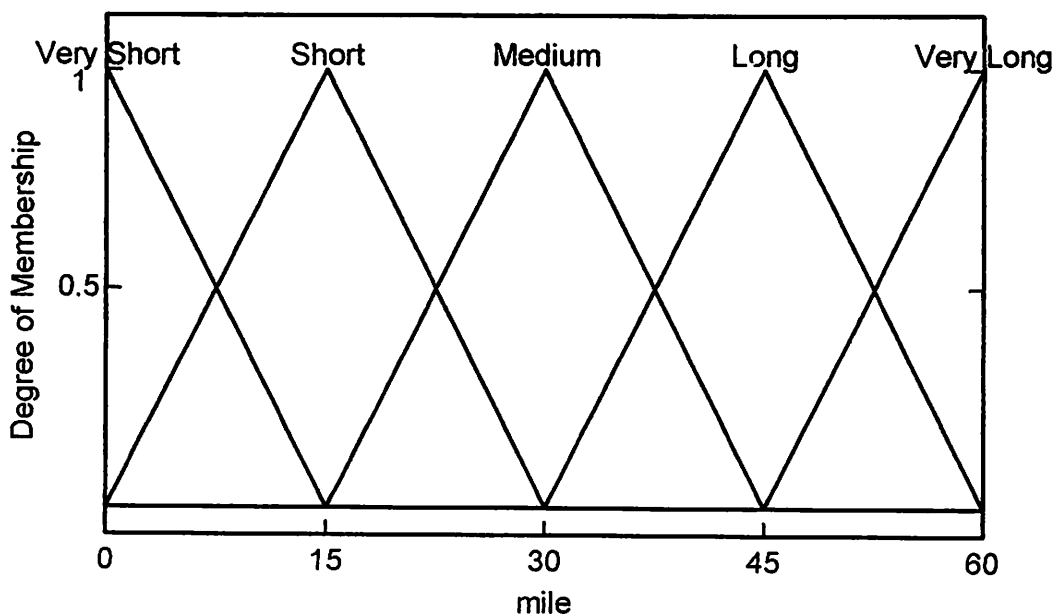


Gambar 3.6.  
Fungsi Keanggotaan Jumlah Pohon (*Exposure*)

Pada fungsi keanggotaan panjang penyulang (*length*) yang berbentuk segitiga dinotasikan sebagai *LL*, dalam variabel linguistik ditentukan dengan<sup>[5]</sup> :

$$LL = [Very\ Short, Short, Medium, Long, Very\ Long]$$

dengan nilai *crisp* maksimal 60 (mile). Tiap istilah ini dinyatakan sebagai himpunan fuzzy yang dapat dilihat pada gambar 3.7.<sup>[4]</sup>

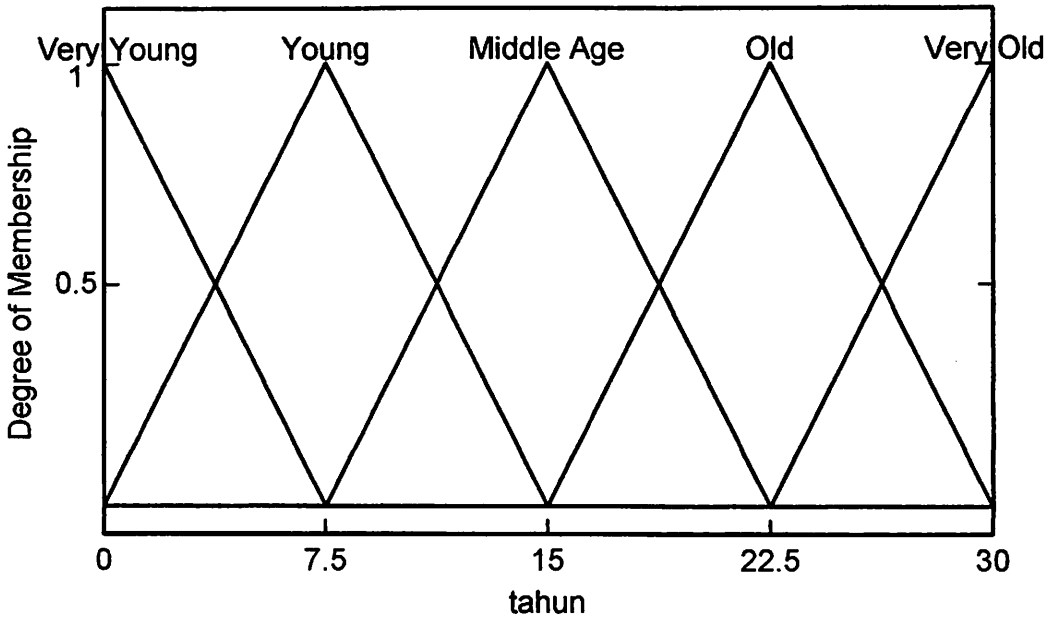


Gambar 3.7.  
Fungsi Keanggotaan Panjang Penyulang (*Lenght*)

Pada fungsi keanggotaan umur penyulang (*age*) yang berbentuk segitiga dinotasikan sebagai *LA*, dalam variabel linguistik ditentukan dengan<sup>[5]</sup> :

$$LA = [Very\ Young, Young, Middle\ Age, Old, Very\ Old]$$

dengan nilai *crisp* maksimal 30 (Tahun). Tiap istilah ini dinyatakan sebagai himpunan fuzzy yang dapat dilihat pada gambar 3.8.<sup>[4]</sup>

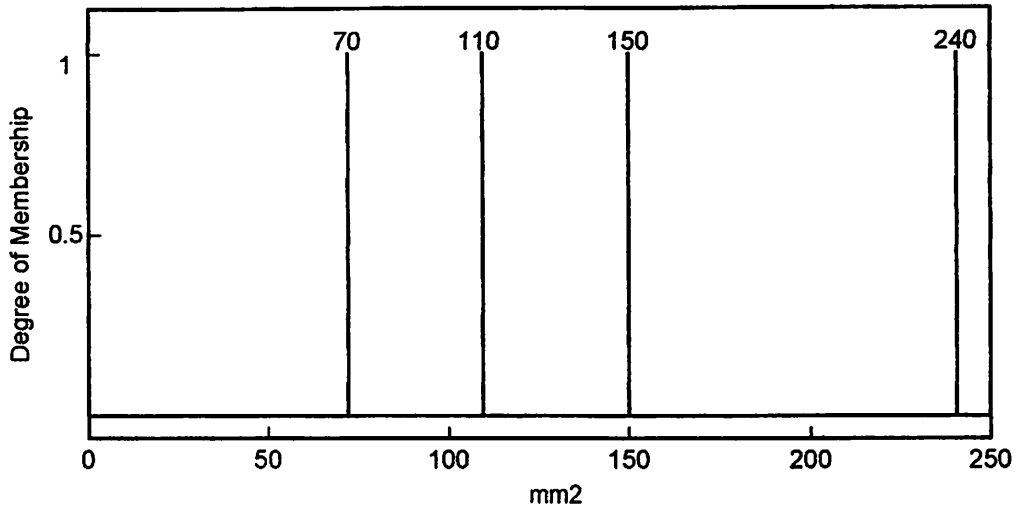


Gambar 3.8.  
Fungsi Keanggotaan Umur Penyulang (*Age*)

Pada fungsi keanggotaan jenis konduktor (*conductor type*) yang dinotasikan sebagai *CT*, dalam variabel linguistik ditentukan dengan<sup>[5]</sup> :

$$CT = [70, 110, 150, 240]$$

namun nilai *crisp* pada fungsi keanggotaan ini sedikit berbeda karena di sini menggunakan fungsi keanggotaan *singleton*. Tiap istilah ini dinyatakan sebagai himpunan fuzzy yang dapat dilihat pada gambar 3.9.<sup>[4]</sup>



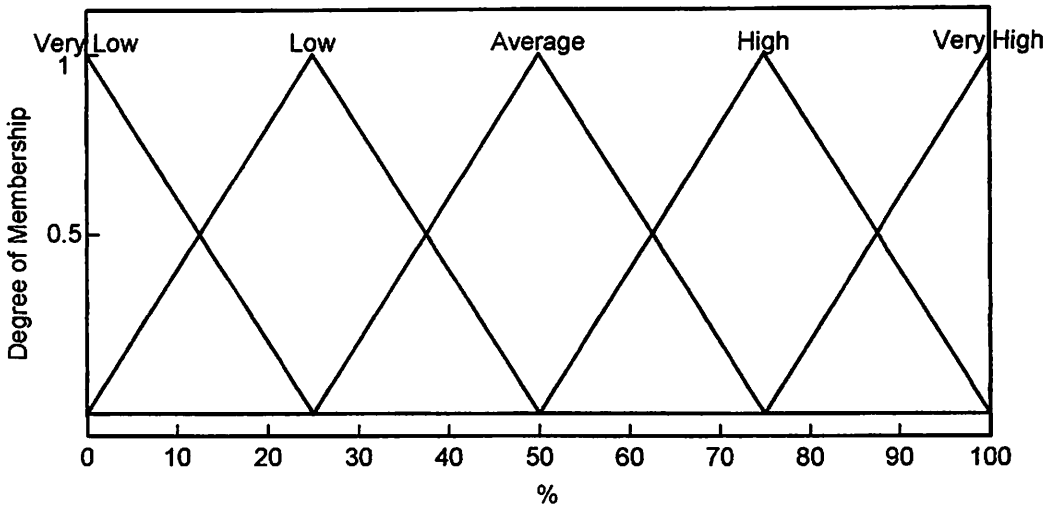
Gambar 3.9.  
Fungsi Keanggotaan Jenis Konduktor (*Conductor Type*)

Pada fungsi keanggotaan resiko gangguan penyulang (*risk of interruption*) yang berbentuk segitiga dinotasikan sebagai *LSR*, dalam variabel linguistik ditentukan dengan<sup>[5]</sup> :

$$LSR = [Very\ Low, Low, Average, High, Very\ High]$$

dengan nilai *crisp* maksimal 100 (%). Tiap istilah ini dinyatakan sebagai himpunan fuzzy yang dapat dilihat pada gambar 3.10.<sup>[4]</sup>





Gambar 3.10.  
Fungsi Keanggotaan Resiko Gangguan Penyulang (*Risk of Interruption*)

### 3.2.1.2. Basis Aturan

Basis aturan adalah bagian yang menggambarkan dinamika suatu sistem terhadap masukan yang di karakteristikkan oleh sekumpulan variabel-variabel linguistik dan berbasis pengetahuan seorang ahli. Pernyataan tersebut umumnya dinyatakan oleh suatu pernyataan bersyarat. Pada masalah ini, para ahli telah menentukan basis aturan berdasarkan pengetahuan dan pengalaman.

Basis aturan (*rule base*)<sup>[5]</sup> :

R1 : *if (E is Very High or High) or (L is Very Long) or (A is Very Old) then (SR is Very High).*

R2 : *if (E is Average) or (L is Long) or (CT is "2," "4," or "6") then (SR is High).*

R3 : *if (E is Low) or (L is Medium) or (A is Old) or (CT is "4/0," "3/0" or "2/0") then (SR is Average).*

R4 : *if (E is Very Low) or (L is Short) or (A is Middle- Aged or Young or Very Young) or (CT is "636," "394," or "336") then (SR is Low).*

R5 : *if (L is Very Short) or (CT is "CBL") then (SR is Very Low).*

### 3.2.1.2.1. Logika Pengambilan Keputusan

Persoalan dari *fuzzy logic controller* terletak pada logika pengambilan keputusannya yang meniru pengambilan keputusan pada manusia. Untuk memahami proses pengambilan kesimpulan dalam *fuzzy logic*, hal-hal berikut ini harus diperhatikan.

### 3.2.1.1.2. Bentuk Aturan Kontrol Fuzzy

Seorang operator ahli yang berpengalaman akan menggunakan aturan kontrol yang berbentuk aturan *If-then*. Untuk sistem dengan satu masukan satu keluaran (*Single Input Single Output = SISO*) aturan kontrolnya adalah :

- **Aturan ke-1** : Jika A adalah  $x_1$  maka B adalah  $y_1$
- .....
- .....
- **Aturan ke-n** : Jika A adalah  $x_n$  maka B adalah  $y_n$ .

Di mana A adalah variabel masukan, B adalah variabel keluaran serta x dan y adalah variabel linguistiknya. Sedangkan untuk sistem banyak masukan-satu keluaran (*Multi Input Single output*) aturan kontrolnya adalah :

- **Aturan ke-1** : Jika A adalah  $p_1$  atau B adalah  $q_1$  atau C adalah  $r_1$  atau D adalah  $s_1$  maka E adalah  $z_1$
- .....
- .....
- **Aturan ke-n** : Jika A adalah  $p_n$  atau B adalah  $q_n$  atau C adalah  $r_n$  atau D adalah  $s_n$  maka E adalah  $z_n$

Di mana A, B, C dan D adalah variabel masukan, p, q, r dan s adalah himpunan fuzzy dengan variabel linguistik, E adalah variabel keluaran, z adalah himpunan fuzzy untuk z yaitu *Very Low, Low, Average, High* dan *Very High*.

### 3.2.2. Fuzzifikasi

Dalam aplikasi suatu pengaturan, besaran masukan yang diperoleh dari data lapangan akan selalu berupa *crisp* yang bersifat pasti dan kualitatif. Pemetaan dari masukan *crisp* ke dalam himpunan fuzzy yang memakai variabel linguistik dinamakan pengkaburan atau fuzzifikasi (*fuzzification*).

Fuzzifikasi merupakan proses awal untuk mengubah masukan yang berupa *nonfuzzy* menjadi himpunan fuzzy sehingga dalam tahap ini, mula-mula dikembangkan fungsi keanggotaan dan derajat keanggotaan. Suatu masukan *crisp* mempunyai derajat keanggotaan dalam beberapa fungsi keanggotaan sekaligus dalam suatu saat. Hal ini dapat ditunjukkan dalam gambar 3.5. 720 rpm dimiliki oleh himpunan Sangat Rendah dengan  $\mu = 0.2$  dan Himpunan Rendah dengan  $\mu = 0.05$ .

Fuzzyfikasi dinyatakan oleh pernyataan  $x = \text{fuzzyfier}(X)$  dimana  $X$  adalah masukan *crisp (nonfuzzy)*,  $x$  adalah himpunan fuzzy yang disertai dengan derajat keanggotaan dan *fuzzyfier* adalah operator fuzzyfikasi. Sebagai contoh, *fuzzyfier* (720 rpm) = himpunan Sangat Rendah dengan derajat keanggotaan 0.2 dan *fuzzyfier* (720 rpm) = himpunan Rendah dengan derajat keanggotaan 0.05.

### 3.2.3. Mekanisme Inferensi

#### 3.2.3.1. Fungsi Implikasi

Aturan kontrol pada dasarnya adalah realasi fuzzy yang dinyatakan sebagai suatu hubungan sebab akibat yang disebut sebagai implikasi fuzzy (*fuzzy implication*). Pada suatu sistem kontrol dengan logika fuzzy hubungan ini menyatakan suatu pemetaan antara variabel fuzzy melalui pernyataan kondisional, yaitu :

- Jika  $A$  adalah  $x$  maka  $B$  adalah  $y$  atau  $A \rightarrow B$  di mana  $x \in X$  dan  $y \in Y$  atau

$$\mu_R = \mu(A \rightarrow B)(x,y) \dots \dots \dots (3.6)$$

Tanda  $\rightarrow$  menyatakan fungsi implikasi yang menghubungkan suatu input (*antecedent*) dari himpunan  $A$  dengan output  $B$  (*consequent*). Implikasi linguistik ini dinamakan relasi fuzzy.

Persamaan (3.6) di atas digunakan untuk sistem satu *input*-satu *output* (SISO). Untuk sistem MISO berlaku :

- Jika  $A$  adalah  $x$  dan  $B$  adalah  $y$  maka  $C$  adalah  $z$  atau  $A \times B \rightarrow C$  atau

$$\begin{aligned} \mu_R &= \mu(A \text{ dan } B \rightarrow C)(x,y,z) \text{ di mana } x \in X, y \in Y \text{ dan } z \in Z. \\ &= [\mu_A(x) \text{ dan } \mu_B(y)] \rightarrow \mu_C(z) \dots \dots \dots (3.7) \end{aligned}$$

Atau jika  $(A \times B)$  adalah  $x \times y$ , maka  $C$  adalah  $z$ .

Untuk mengkombinasikan aturan-aturan yang digunakan kata hubung yang secara umum dinyatakan dengan :

- **Rule 1** : Jika **LE** adalah  $A_1$  atau **LL** adalah  $B_1$  atau **LA** adalah  $C_1$  atau **CT** adalah  $D_1$  maka **SR** adalah  $E_1$ .
  - .....
  - .....
  - .....
  - **Rule n** : Jika **LE** adalah  $A_n$  atau **LL** adalah  $B_n$  atau **LA** adalah  $C_n$  atau **CT** adalah  $D_n$  maka **SR** adalah  $E_n$ .
- 

- **Kesimpulan** : **SR** adalah  $E$ .

Maksud dari pernyataan di atas adalah variabel masukan  $LE, LL, LA$  dan  $CT$  masing-masing mempunyai linguistik  $A (A_1, \dots, A_n), B (B_1, \dots, B_n), C (C_1, \dots, C_n), D (D_1, \dots, D_n)$ , dan variabel keluaran  $u$  mempunyai variabel linguistik  $E (E_1, \dots, E_n)$ . Keseluruhan aturan kontrol ini harus dapat menghasilkan satu keluaran berupa kesimpulan. Proses pengambilan kesimpulan ini dinyatakan sebagai mekanisme inferensi.

Metode inferensi yang banyak digunakan adalah metode inferensi Mamdani, seorang pakar sistem kontrol dari *Queen Marry College* di London yang mempunyai nama lengkap Ebrahim H. Mamdani. Metode inferensi Mamdani ini pertama kali dipakai untuk mengontrol kombinasi ketel dan mesin uap dengan menggunakan aturan kontrol dan variabel linguistik yang didapat dari

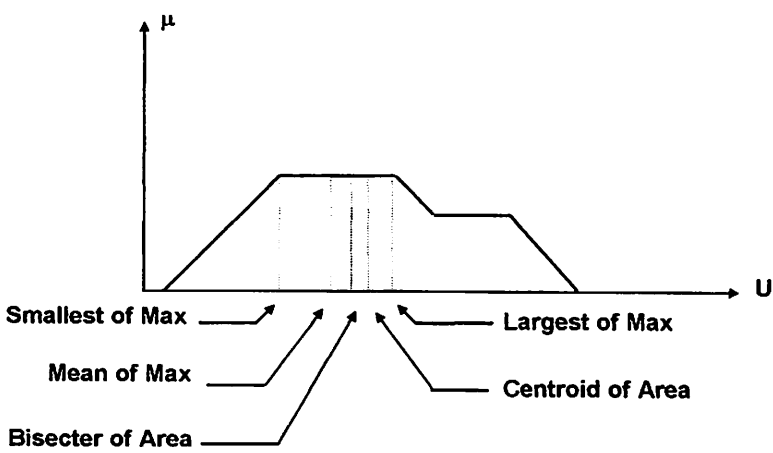
operator yang berpengalaman. Metode inferensi untuk MISO dari Mamdani yang digunakan adalah metode maksimum-maksimum (*max-max method*).

### 3.2.4. Defuzzifikasi

Proses defuzzyfikasi merupakan kebalikan dari proses fuzzyfikasi, yaitu mentransformasikan harga fuzzy ke harga bukan fuzzy (*crisp*). Secara garis besar strategi defuzzyfikasi bertujuan mengetahui resiko gangguan penyulang. Defuzzyfikasi ini dinyatakan sebagai :

$$u = Defuzzyfier (U) \dots\dots\dots (3.8)$$

Ada beberapa metode defuzzyfikasi yang terdapat dalam literatur, yaitu *centroid of area, mean of max membership, bisecter of area, smallest of max dan largest of max*. Gambar 3.11. merepresentasikan metode-metode defuzzyfikasi yang yang dimaksud.



Gambar 3.11.  
Metode-Metode Defuzzifikasi

Dari lima metode defuzzyfikasi tersebut, yang paling banyak digunakan adalah *centroid of area method* atau yang disebut juga sebagai *center of area* dan *center of gravity*. Metode ini didefinisikan sebagai nilai yang terletak dalam jangkauan variabel sinyal atur  $u$  dengan daerah yang terletak dibawah fungsi keanggotaan dibagi dua sub daerah yang sama.

Metode defuzzifikasi dengan *centroid of area method* mempunyai persamaan sederhana :

$$u = \frac{\sum U_i \cdot \mu_i}{\sum \mu_i} \text{ untuk SISO ..... (3.9)}$$

Sedangkan untuk MISO berlaku<sup>[4]</sup> :

$$u = \frac{\sum U_i \cdot \mu_i}{\sum \mu_i} \text{ .....(3.10)}$$

Di mana :

$i$  = jumlah aturan kontrol (*rule*)

$U_i$ , = adalah titik pusat masing - masing himpunan variabel keluaran ke- $i$

$\mu_i$ , = adalah operasi maksimum untuk tiap variabel linguistik.

### 3.2.5. Indeks Resiko

Untuk mengetahui jumlah resiko pelanggan yang mengalami gangguan yang dinotasikan sebagai *FR (risk index)*.

Dari proses tersebut di atas, kita dapat mengetahui resiko gangguan penyulang dan jumlah pelanggan yang mengalami gangguan dengan menggunakan rumus perhitungan<sup>[5]</sup> :

$$\log (C'_n) = 0.2526 \log (C_n) + 0.5193 \log (C_n)^2 - 0.2793 \log (C_n)^3 + 0.1274 \log (C_n)^4 - 0.0039 \log (C_n)^5 + 0.0067 \log (C_n)^6 \dots\dots\dots (3.11)$$

$$FR = C'_n * SR \dots\dots\dots (3.12)$$

di mana :

$C_n$  : Jumlah pelanggan

SR : Resiko gangguan penyulang

### 3.3. Contoh Aplikasi Sederhana Sistem Kontrol

#### 3.3.1. Pendekatan Konvensional

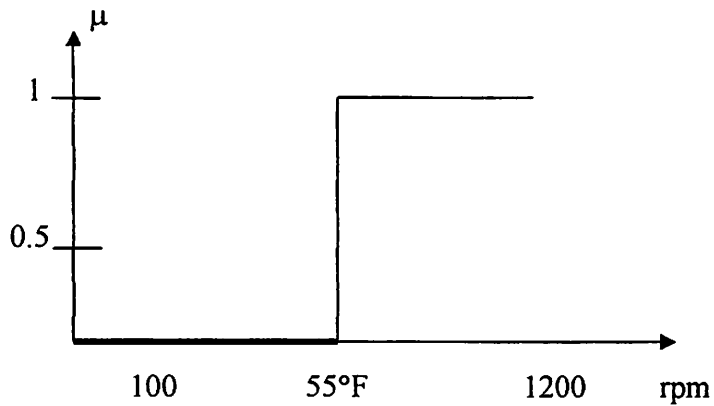
Kesuksesan aplikasi logika fuzzy sangat meroket saat pertama kali terjadi *fuzzy vogue* (fuzzy sebagai mode mutakhir atau sesuatu yang sedang digemari) di Jepang diikuti oleh fuzzy boom di Jerman awal tahun 1990-an. Dalam beberapa tahun terakhir ini teknologi fuzzy berhasil diterapkan di dunia industri bahkan berbagai peralatan rumah tangga yang ada di pasaran.

Dalam sub-bab ini akan dijelaskan suatu contoh numerik dari permasalahan sederhana, yaitu pengatur suhu ruangan. Misalkan, untuk pernyataan logika berikut ini akan dijelaskan bagaimana pengendali konvensional menanganinya.

1. Jika suhu ruangan  $\geq 55^\circ$  Fahrenheit, maka atur kecepatan kipas pada 1200 rpm.
2. Jika suhu ruangan  $\leq 55^\circ$  Fahrenheit, maka atur kecepatan kipas pada 100 rpm.

Dalam bentuk diagram pernyataan-pernyataan pengendali tegas atau konvensional diperlihatkan pada gambar 3.12.





Gambar 3.12.  
Pengendali Tegas / Konvensional

Sistem kontrol konvensional sering disebut sebagai “pengendali tegas”. Dari pernyataan diatas, variasi masukan yang sangat kecil sekalipun dapat menyebabkan keluaran beraksi sangat berbeda. Misalnya :

- Jika suhu ruangan 55° Fahrenheit atau lebih maka dipakai aturan yang pertama yaitu kipas diatur pada kecepatan 1200 rpm.
- Jika suhu ruangan dibawah 55° Fahrenheit berlaku aturan kedua yakni kipas diatur pada kecepatan 100 rpm.

Apa yang terjadi bila suhu ruangan menjadi 54.5° F ? Atau lebih – lebih bila suhu berfluktuasi antara sedikit diatas atau dibawah 55° F, misalnya antara 54.5° F sampai 55° F

Pada sistem kontrol ini, kejadian tersebut akan menyebabkan putaran kipas berubah–ubah secara liar atau tak terkendali menanggapi perubahan suhu yang tidak begitu besar. Di sinilah *fuzzy logic controller* menunjukkan kelebihanannya.

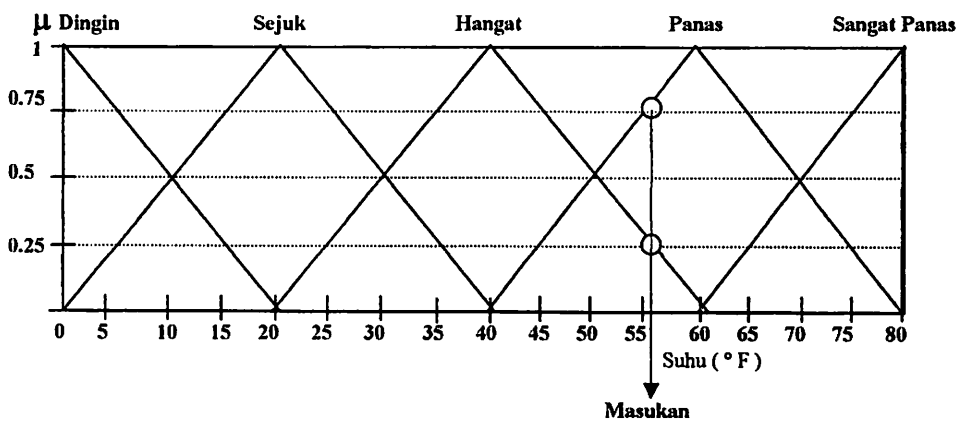
### 3.3.2. Pendekatan *Fuzzy Logic Controller*

Teori yang telah dijelaskan dalam sub bab sebelumnya digunakan sebagai dasar algoritma pengerjaan bagaimana *fuzzy logic controller* memproses masukan menjadi keluaran yang sesuai.

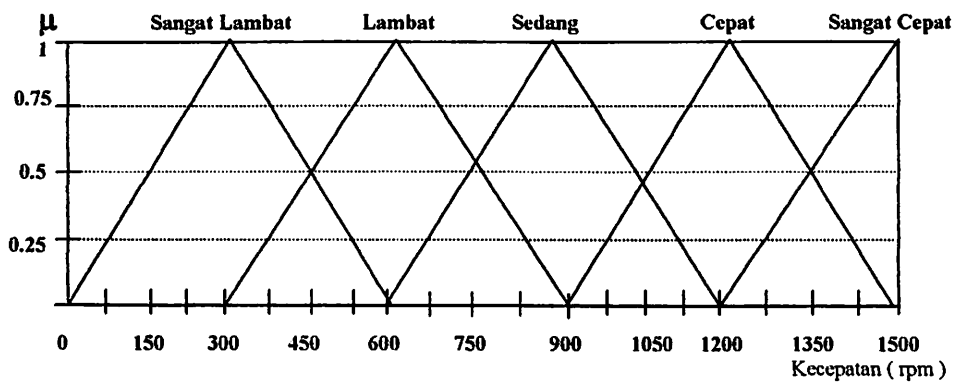
#### 1. Basis Pengetahuan

- Basis Data

- Kuantisasi : Buat himpunan variabel masukan dan keluaran beserta jangkauan dan variabel linguistiknya seperti gambar 3.13. dan gambar 3.14.
- Pemilihan *membership function* : Dipilih *membership function* berbentuk segitiga.



Gambar 3.13.  
Himpunan Suhu Ruang sebagai Variabel Masukan



Gambar 3.14.  
Himpunan Kecepatan Kipas Sebagai Variabel Keluaran

▪ Basis Aturan

Pada tahap ini Basis Aturan yang harus ditentukan untuk menghasilkan sinyal kontrol yang sesuai sehingga dalam penentuan suatu aturan kontrol maka diperlukan pengetahuan dan pengalaman. Misalnya aturan yang digunakan adalah :

- Aturan ke-1 : Jika suhu ruangan dingin, maka atur kecepatan kipas pada posisi sangat lambat.
- Aturan ke-2 : Jika suhu ruangan sejuk, maka atur kecepatan kipas pada posisi lambat.
- Aturan ke-3 : Jika suhu ruangan hangat, maka atur kecepatan kipas pada posisi sedang.
- Aturan ke-4 : Jika suhu ruangan panas, maka atur kecepatan kipas pada posisi cepat.
- Aturan ke-5 : Jika suhu ruangan sangat panas, maka atur kecepatan kipas pada posisi sangat cepat.

## 2. Fuzzifikasi

Bila variabel masukan adalah 55° F maka mempunyai dua buah himpunan bagian fuzzy yaitu himpunan hangat dan himpunan panas dengan nilai derajat keanggotaan yang ditentukan dengan rumus fuzzifikasi yang menghasilkan :

- $\mu_{55^\circ} = 1 - \frac{\sqrt{(55 - 40)^2}}{20} = 0,25$  untuk himpunan Hangat

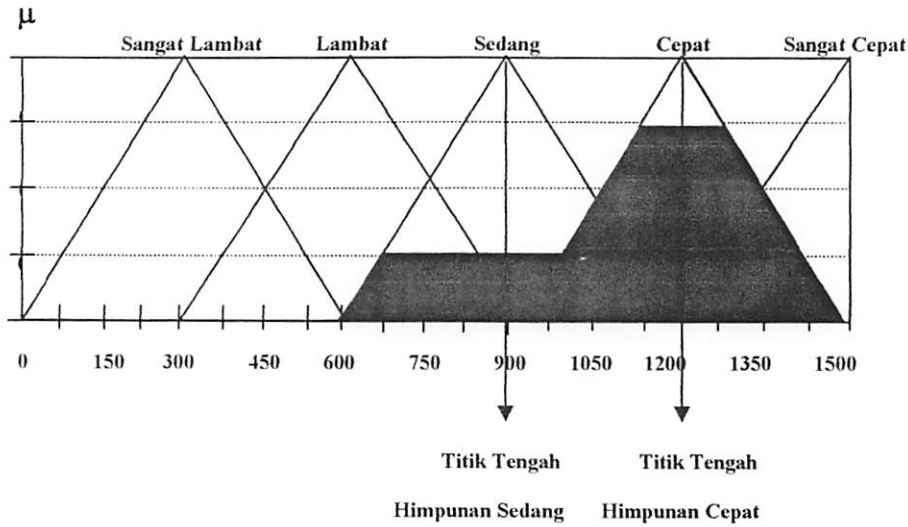
- $\mu_{55^\circ} = 1 - \frac{\sqrt{(55 - 60)^2}}{20} = 0,75$  untuk himpunan Panas

## 3. Mekanisme Inferensi

Derajat keanggotaan variabel masukan yang telah ditentukan akan ditransformasikan ke dalam himpunan bagian fuzzy variabel keluaran kemudian diberlakukan aturan-aturan dalam mekanisme inferensi. Untuk suhu 55° F menghasilkan dua keputusan yang menentukan kecepatan kipas, yaitu:

- Derajat keanggotaan kecepatan kipas = 0.25 diberikan untuk posisi Sedang (aturan ke-3).
- Derajat keanggotaan kecepatan kipas = 0.75 diberikan untuk posisi Sedang (aturan ke-4)

Untuk mendapatkan nilai keluaran, terlebih dahulu dilakukan operasi gabungan atau operasi maksimum (*union*) kemudian perhitungan dengan rumus defuzzifikasi. Gambar 3.15. memberikan penjelasan tentang mekanisme inferensi.



Gambar 3.15.  
Mekanisme Inferensi Untuk Pengendali Suhu

#### 4. Proses defuzzifikasi

Setelah dievaluasi atas variabel masukan dan menerapkan basis pengetahuan, sistem kontrol dengan *fuzzy logic controller* menghasilkan aksi kontrol untuk diberikan pada sistem yang dikendalikan. Hal ini dilakukan misalnya dengan cara mengeluarkan tegangan listrik pada nilai tertentu untuk mengendalikan kecepatan kipas.

Untuk memasukkan suhu ruangan  $55^{\circ}\text{F}$ , variabel keluarannya dapat ditentukan menurut rumus (3.10), yaitu:

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{(900 \times 0.25) + (1200 \times 0.75)}{0.25 + 0.75} \\
 &= 1125 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

Bila suhu berubah menjadi  $54.5^{\circ}\text{F}$ , maka perhitungan variabel keluaran adalah:

## 1. Proses fuzzifikasi

$$\mu_{54.5^\circ} = 1 - \frac{\sqrt{(54.5 - 40)^2}}{20} = 0,75 \text{ untuk himpunan Hangat}$$

$$\mu_{54.5^\circ} = 1 - \frac{\sqrt{(54.5 - 60)^2}}{20} = 0,725 \text{ untuk himpunan Panas}$$

### • Mekanisme Inferensi

Aturan yang digunakan adalah aturan ke-3 dan aturan ke-4.

## 2. Proses defuzzifikasi

$$U = \frac{(900 \times 0.275) + (1200 \times 0.725)}{0.275 + 0.725} \\ = 1117.5 \text{ rpm}$$

Tampak bahwa :

- Untuk pengendali tegas atau konvensional
  - Pada suhu  $55^\circ$  F kecepatan kipas 1200 rpm
  - Pada suhu  $54.5^\circ$  F kecepatan kipas 100 rpm
- Untuk pengendali berbasis *Fuzzy Logic Controller*
  - Pada suhu  $55^\circ$  F kecepatan kipas 1125 rpm
  - Pada suhu  $54.5^\circ$  F kecepatan kipas 1117.5 rpm

Dari contoh yang sederhana ini bisa dibandingkan kinerja kedua jenis controller tersebut.

**BAB IV**

**ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 kV DAN  
PERENCANAAN KEANDALANNYA MENGGUNAKAN PENDEKATAN  
LOGIKA FUZZY PADA GARDU INDUK POLEHAN MALANG**

**4.1. Umum**

Logika fuzzy menyediakan cara yang lebih fleksibel dalam menganalisis resiko gangguan. Analisisnya menggunakan variabel linguistik untuk menjelaskan pengaruh gangguan. Dari data yang diperoleh pada gardu induk Polehan, maka dapat dilakukan proses perhitungan fuzzifikasi, inferensi dan defuzzifikasi untuk mendapatkan tingkat keandalan tiap-tiap penyulang di gardu induk Polehan Malang.

**4.2. Algoritma Program Logika Fuzzy**

Langkah-langkah yang ditempuh dalam melakukan perhitungan keandalan sistem menggunakan metode logika fuzzy adalah sebagai berikut :

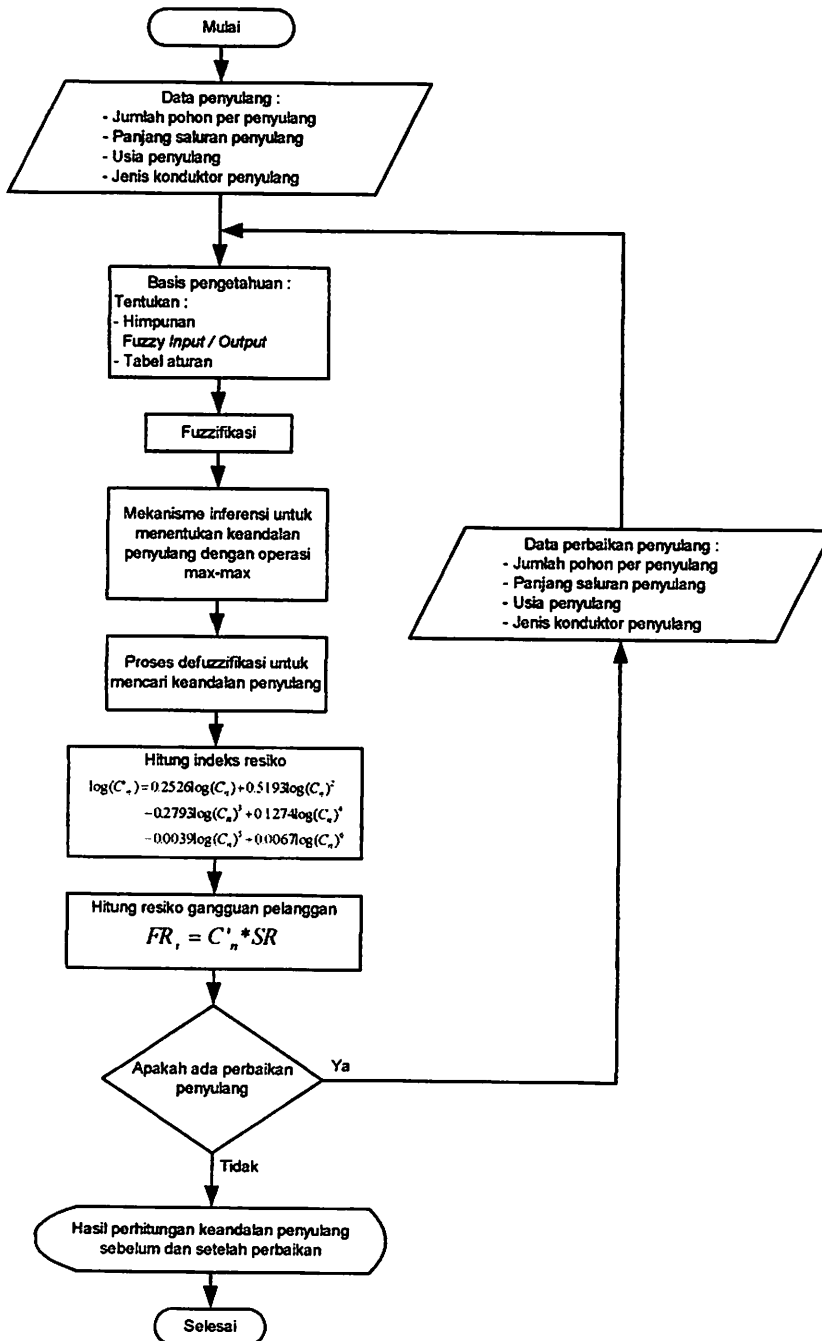
1. Masukan data penyulang.
2. Tentukan basis pengetahuan, yaitu jenis fungsi keanggotaan dan basis aturan (*rule*).
3. Fuzzifikasi
4. Mekanisme inferensi dengan menggunakan metode *max-max*.
5. Proses defuzzifikasi.

6. Menentukan keandalan penyulang.
7. Hitung resiko gangguan pelanggan.
8. Apakah ada perbaikan penyulang ?
9. Jika “Ya”, masukan data perbaikan penyulang kembali ke proses fuzzifikasi (langkah 3).
10. Jika “Tidak”, tampilkan hasil perhitungan keandalan penyulang sebelum dan setelah perbaikan.



### 4.3. Flowchart

Flowchart dari program komputer untuk menganalisis keandalan penyulang dengan menggunakan metode logika fuzzy.



Gambar 4.1.  
Flowchart Logika Fuzzy

#### 4.4. Data Penyulang Gardu Induk Polehan

Untuk mengetahui tingkat keandalan penyulang pada gardu induk Polehan Malang, maka diperlukan data faktor penyebab gangguan pada penyulang tegangan menengah 20 kV gardu induk Poleh. Penulis mengelompokkan data penyebab gangguan pada tahun 2004 yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan dan Jaringan area Malang, sehingga diperoleh tabel :

Tabel 4.1.  
Data Penyulang Gardu Induk Polehan Malang

NO	NAMA PENYULANG	PANJANG (km)	JUMLAH POHON RAWAN GANGGUAN	UMUR PENYULANG (Tahun)	JENIS KONDUKTOR (mm <sup>2</sup> )	JUMLAH PELANGGAN
1	BUNUL	25.6	477	15	ACSR 3 x 110	8214
2	KEDUNG KANDANG	20.3	353	12	ACSR 3 x 150	5368
3	ZAENAL ZAKSE	22.4	222	17	ACSR 3 x 150	6802
4	PATIMURA	23.2	302	14	ACSR 3 x 110	7564
5	SAWOJAJAR	19.6	518	13	ACSR 3 x 110	6011
6	AGUS SALIM	22.8	295	15	ACSR 3 x 110	7325
7	JODIPAN	26.4	283	10	ACSR 3 x 110	7005

Tabel 4.2.  
Data Pemotongan Pohon di Gardu Induk Polehan

NO.	NAMA PENYULANG	TARGET PEMOTONGAN POHON	PEMOTONGAN POHON	JUMLAH POHON YANG TERSISA
1	BUNUL	477	372	105
2	KEDUNG KANDANG	353	108	245
3	ZAENAL ZAKSE	222	88	134
4	PATIMURA	302	175	127
5	SAWOJAJAR	518	168	350
6	AGUS SALIM	295	149	146
7	JODIPAN	283	171	112

#### 4.5. Perhitungan Gangguan Pada Penyulang Gardu Induk Polehan Secara Manual

Berdasarkan data yang telah diperoleh di atas, maka dapat ditentukan resiko gangguan tiap penyulang khususnya di gardu induk Polehan malang.

##### 4.5.1. Proses Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi untuk input jumlah pohon/mile, panjang penyulang, umur penyulang dan diameter penyulang dapat dilakukan dengan menerapkan persamaan (3.5). Perhitungan nilai derajat keanggotaan untuk penyulang Bunul adalah :

- Panjang penyulang : 25.6 kM

$$\text{Panjang penyulang/mile} = \frac{25.6}{1.60934398} = 15.9$$

$$\text{Panjang penyulang/mile} = 15.9$$

$$\mu_{15.9} = 1 - \frac{15.9 - 15}{15} = 0.940$$

$$\mu_{15.9} = 0.94 \text{ (Himpunan Short)}$$

$$\mu_{15.9} = 1 - \frac{30 - 15.9}{15} = 0.06$$

$$\mu_{15.9} = 0.060 \text{ (Himpunan Medium)}$$

- Jumlah Pohon : 477 pohon

$$\text{Jumlah Pohon/mile} = \frac{\text{Jumlah Pohon}}{\text{Panjang Saluran / mile}}$$

$$\text{Jumlah Pohon/mile} = \frac{477}{15.9} = 30$$

Jumlah Pohon/mile = 30 Pohon

$$\mu_{30} = 1 - \frac{30 - 30}{15} = 1$$

$$\mu_{30} = 1 \text{ (Himpunan Average)}$$

- Umur Penyulang : 15 tahun

$$\mu_{15} = 1 - \frac{15 - 15}{7.5} = 1$$

$$\mu_{15} = 1 \text{ (Himpunan Middle Age)}$$

- Jenis Konduktor Penyulang : 110 mm<sup>2</sup>

$$\mu_{110} = 1 \text{ (Himpunan 110)}$$

#### 4.5.2. Mekanisme Inferensi

Proses inferensi untuk penyulang Bunul adalah :

Operasi Maksimum :

$$\text{Rule 3} \Rightarrow \text{SR} = \text{High} \Rightarrow \mu = 1$$

$$\text{Rule 4} \Rightarrow \text{SR} = \text{Average} \Rightarrow \mu = 1$$

$$\text{Rule 5} \Rightarrow \text{SR} = \text{Low} \Rightarrow \mu = 1$$

#### 4.5.3. Proses Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi dapat dilaksanakan dengan merubah nilai derajat keanggotaan fuzzy ( $\mu$ ) ke harga bukan fuzzy (*crisp*).

Hasil perhitungan defuzzifikasi menggunakan persamaan (3.10) teknik *Center of Gravity* (COG) untuk Penyulang Bunul :

$$SR = \frac{(1 \times 75) + (1 \times 50) + (1 \times 25)}{1+1+1} = 50 \%$$

Jadi resiko gangguan penyulang untuk penyulang bunul adalah : 50 %

Dengan perhitungan yang sama di atas untuk menentukan *output fuzzy*, maka diperoleh tabel :

Tabel 4.3.  
Resiko Gangguan Penyulang

NO.	NAMA PENYULANG	RESIKO GANGGUAN PENYULANG (%)
1	BUNUL	50.0
2	KEDUNG KANDANG	49.4
3	ZAENAL ZAKSE	39.0
4	PATIMURA	45.8
5	SAWOJAJAR	49.8
6	AGUS SALIM	45.6
7	JODIPAN	41.4

#### 4.5.4. Resiko Gangguan Pelanggan

Analisa data dalam perhitungan indeks resiko pelanggan dengan menggunakan persamaan (3.11) dan (3.12). Maka indeks resiko pelanggan untuk penyulang Bunul adalah :

$$\begin{aligned} \log(C'_n) &= 0.2526 \log(8214) + 0.5193 \log(8214)^2 \\ &\quad - 0.2793 \log(8214)^3 + 0.1274 \log(8214)^4 \\ &\quad - 0.0039 \log(8214)^5 + 0.0067 \log(8214)^6 \end{aligned}$$

$$\log(C'_n) = 0.989 + 4.065 - 3.280 + 1.994 - 0.076 + 0.157$$

$$\log(C'_n) = 3.850$$

$$C'_n = 7079.458$$

$$\text{Indeks Resiko Pelanggan} = C'_n * SR$$

$$= \frac{7079.458 * 50}{100} = 3539.729 \approx 3540$$

jadi penyulang bunul, jumlah pelanggan yang beresiko mengalami gangguan adalah 3540 pelanggan.

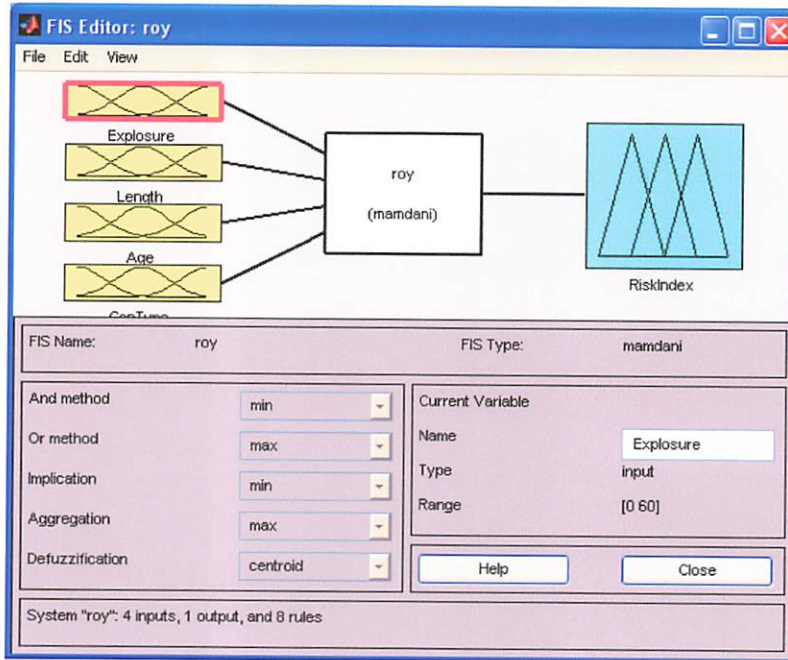
Dengan perhitungan yang sama di atas untuk menentukan resiko gangguan pelanggan, maka diperoleh tabel :

Tabel 4.4.  
Resiko Gangguan Pelanggan

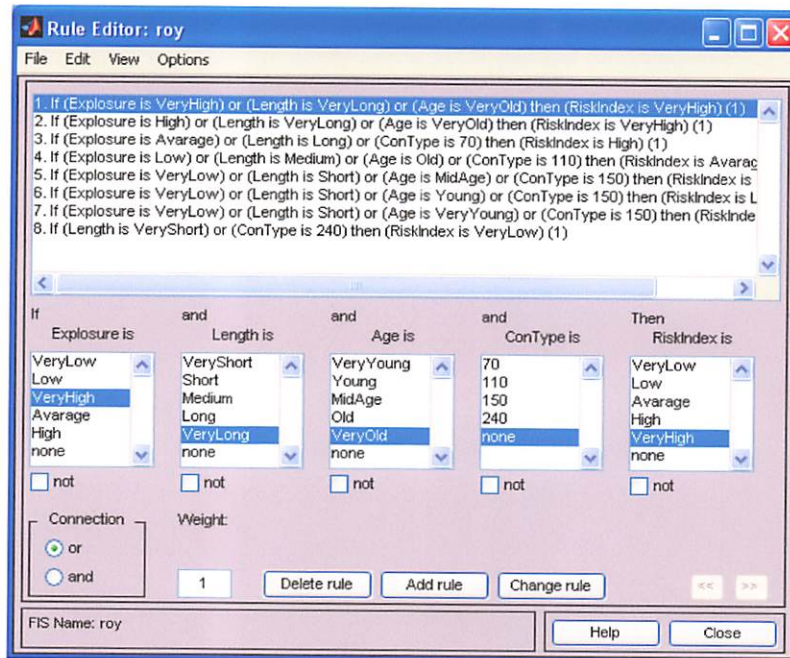
NO.	NAMA PENYULANG	RESIKO GANGGUAN (PELANGGAN)
1	BUNUL	3540
2	KEDUNG KANDANG	2305
3	ZAENAL ZAKSE	2297
4	PATIMURA	2988
5	SAWOJAJAR	2598
6	AGUS SALIM	2885
7	JODIPAN	2509

#### 4.6. Perhitungan Gangguan Pada Penyulang Gardu Induk Polehan Menggunakan Program

Agar memudahkan dalam proses perhitungan kita menggunakan program Matlab yang memiliki *Tool Box Fuzzy* di mana model programnya seperti tampak pada gambar berikut :



Gambar 4.2.  
Fuzzifikasi Perhitungan Gangguan Penyulang Bunul

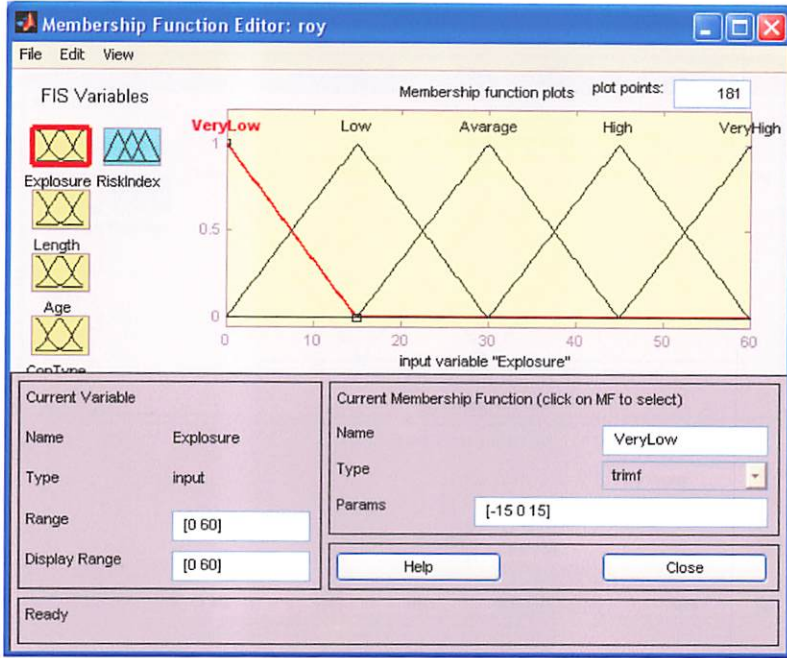


Gambar 4.3.  
Rule / Himpunan Aturan Fuzzy

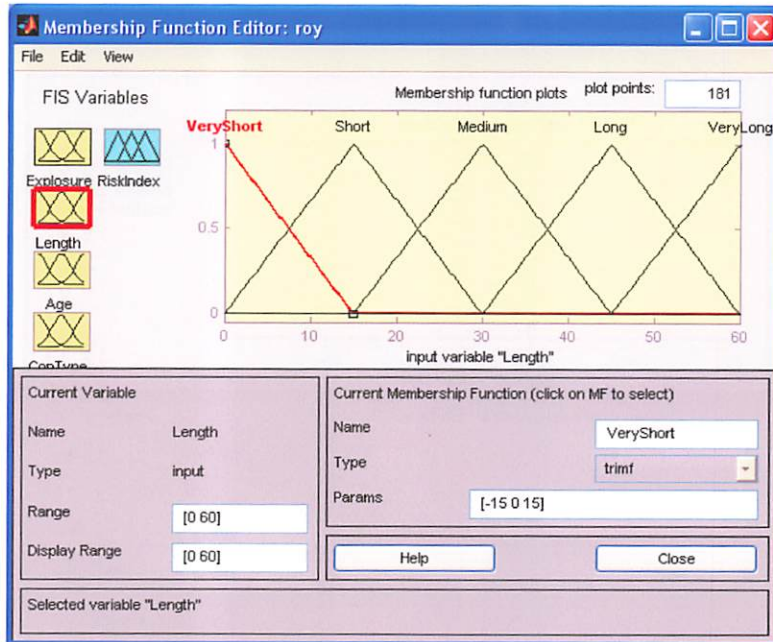
*Rule* atau basis aturan di sini setelah dikembangkan, kita memakai 8 *rule*, yaitu :

1. *if (Exposure is Very High) or (Lenght is Very Long) or (Age is Very Old) then (SR is Very High).*
2. *if (Exposure is High) or (Lenght is Very Long) or (Age is Very Old) then (SR is Very High).*
3. *if (Exposure is Average) or (Lenght is Long) or (CT is 70) then (SR is High).*
4. *if (Exposure is Low) or (Lenght is Medium) or (Age is Old) or (CT is 110) then (SR is Average).*
5. *if (Exposure is Very Low) or (Lenght is Short) or (Age is Middle Age) or (CT is 150) then (SR is Low).*
6. *if (Exposure is Very Low) or (Lenght is Short) or (Age is Young) or (CT is 150) then (SR is Low).*
7. *if (Exposure is Very Low) or (Lenght is Short) or (Age is Very Young) or (CT is 150) then (SR is Low).*
8. *if (Lenght is Very Short) or (CT is 240) then (SR is Very Low).*

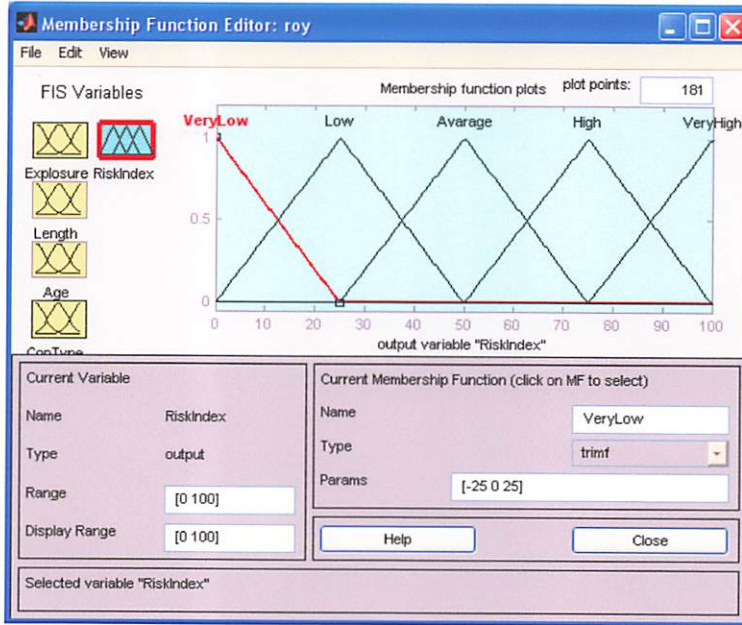




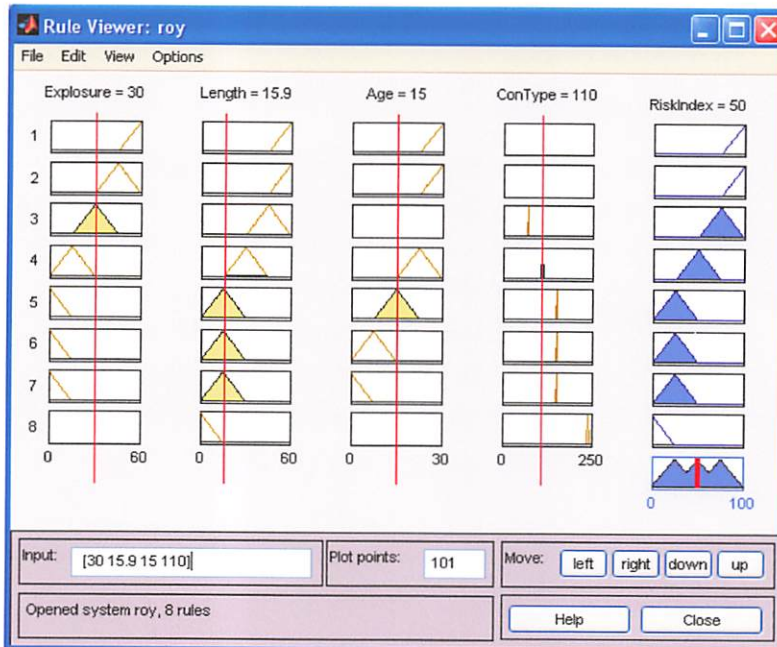
Gambar 4.4.  
Fuzzy Himpunan Jumlah Pohon (*Exposure*)



Gambar 4.5.  
Fuzzy Himpunan Panjang Penyulang (*Length*)



Gambar 4.8.  
Fuzzy Himpunan (*Output*) Resiko Gangguan Penyulang (*Risk of Interruption*)



Gambar 4.9.  
Hasil Perhitungan Defuzzifikasi Resiko Gangguan Penyulang Bunul

#### 4.7. Perhitungan Perbaikan Gangguan Pada Penyulang Gardu Induk Polehan Secara Manual

Dari data yang diperoleh dapat pada tabel 4.2. perbaikan penyulang yang dilakukan oleh PT. PLN (PERSERO) Area Pelayanan dan Jaringan Malang adalah pengurangan jumlah pohon yang rawan gangguan. Maka dapat ditentukan resiko gangguan tiap penyulang khususnya pada gardu induk Polehan.

##### 4.7.1. Proses Fuzzifikasi

- Panjang penyulang : 25.6 kM

$$\text{Panjang penyulang/mile} = \frac{25.6}{1.60934398} = 15.9$$

$$\text{Panjang penyulang/mile} = 15.9$$

$$\mu_{15.9} = 1 - \frac{15.9 - 15}{15} = 0.94$$

$$\mu_{15.9} = 0.94 \text{ (Himpunan Short)}$$

$$\mu_{15.9} = 1 - \frac{30 - 15.9}{15} = 0.06$$

$$\mu_{15.907} = 0.04 \text{ (Himpunan Medium)}$$

- Jumlah Pohon : 105 pohon

$$\text{Jumlah Pohon/mile} = \frac{\text{Jumlah Pohon}}{\text{Panjang Saluran / mile}}$$

$$\text{Jumlah Pohon/mile} = \frac{105}{15.9} = 6.6$$

$$\text{Jumlah Pohon/Mile} = 6.6 \text{ Pohon}$$

$$\mu_{6.6} = 1 - \frac{6.6 - 0}{50} = 0.868$$

$$\mu_{6.6} = 0.868 \text{ (Himpunan *Very Low*)}$$

$$\mu_{6.6} = 1 - \frac{50 - 6.6}{50} = 0.132$$

$$\mu_{6.6} = 0.132 \text{ (Himpunan *Low*)}$$

- Umur Penyulang : 15 tahun

$$\mu_{15} = 1 - \frac{15 - 15}{7.5} = 1$$

$$\mu_{15} = 1 \text{ (Himpunan *Middle Age*)}$$

- Jenis Konduktor Penyulang : 110 mm<sup>2</sup>

$$\mu_{110} = 1 \text{ (Himpunan 110)}$$

#### 4.7.2. Mekanisme Inferensi

Proses inferensi untuk penyulang Bunul adalah :

Operasi Maksimum :

Dari perhitungan di atas, diperoleh :

$$\text{Rule 4} \Rightarrow \text{SR} = \text{Average} \Rightarrow \mu = 1$$

$$\text{Rule 5} \Rightarrow \text{SR} = \text{Low} \Rightarrow \mu = 1$$

#### 4.7.3. Proses Defuzzifikasi

Hasil perhitungan defuzzifikasi menggunakan teknik *Center of Gravity* (COG) untuk Penyulang Bunul :

$$U = \frac{(1 \times 50) + (1 \times 25)}{1 + 1} = 37.5\%$$

Jadi resiko gangguan penyulang untuk penyulang bunul adalah : 37.5 %

Dengan perhitungan yang sama di atas untuk menentukan *output fuzzy*, maka diperoleh tabel :

Tabel 4.5.  
Resiko Gangguan Penyulang Setelah Perbaikan

NO.	NAMA PENYULANG	RESIKO GANGGUAN PENYULANG (%)
1	BUNUL	37.5
2	KEDUNG KANDANG	43.5
3	ZAENAL ZAKSE	36.4
4	PATIMURA	37.5
5	SAWOJAJAR	43.5
6	AGUS SALIM	37.4
7	JODIPAN	37.6

#### 4.7.4. Indeks Resiko Gangguan Setelah Perbaikan

Pada analisa data dalam perhitungan indeks resiko pelanggan adalah dengan menggunakan persamaan (4.1) dan (4.2), di mana  $C'_n$  adalah jumlah pelanggan yang terdaftar pada penyulang tersebut. Maka indeks resiko pelanggan untuk penyulang bunul adalah :

$$\begin{aligned} \log(C'_n) &= 0.2526 \log(8214) + 0.5193 \log(8214)^2 \\ &\quad - 0.2793 \log(8214)^3 + 0.1274 \log(8214)^4 \\ &\quad - 0.0039 \log(8214)^5 + 0.0067 \log(8214)^6 \end{aligned}$$

$$\log(C'_n) = 0.989 + 4.065 - 3.280 + 1.994 - 0.076 + 0.157$$

$$\log(C'_n) = 3.850$$

$$C'_n = 7079.458$$

$$\text{Indeks Resiko Pelanggan} = C'_n * SR$$

$$= \frac{7079.458 * 37.5}{100} = 2654.79675 \approx 2655$$

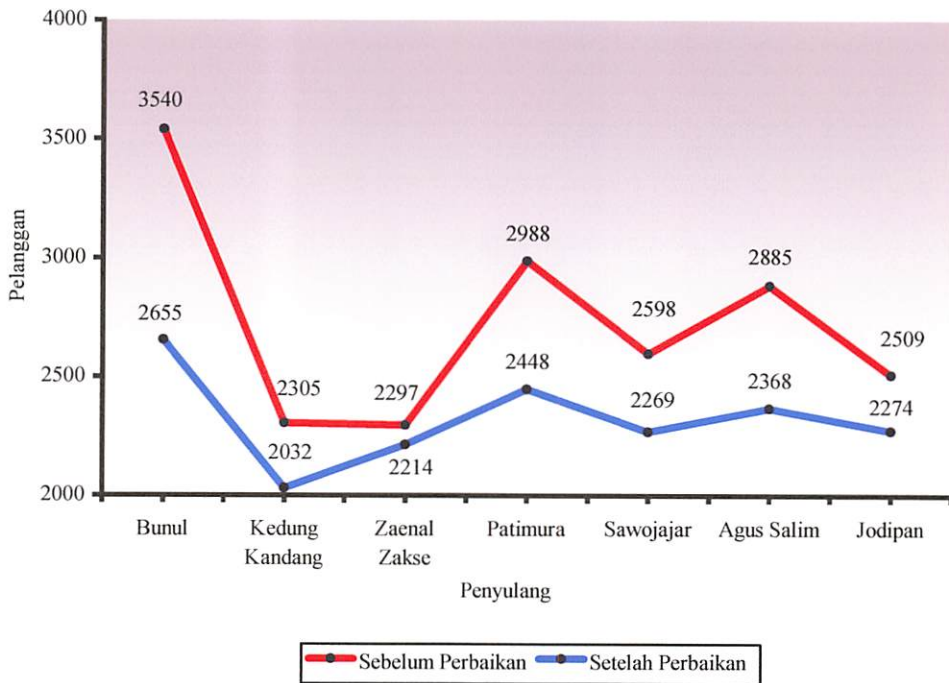
pada penyulang bunul, jumlah pelanggan yang beresiko mengalami gangguan adalah 2655 pelanggan.

Dengan perhitungan yang sama di atas untuk menentukan resiko gangguan pelanggan, maka diperoleh tabel :

Tabel 4.5.  
Resiko Gangguan Pelanggan Setelah Perbaikan

NO.	NAMA PENYULANG	RESIKO GANGGUAN SETELAH PERBAIKAN (PELANGGAN)
1	BUNUL	2655
2	KEDUNG KANDANG	2032
3	ZAENAL ZAKSE	2144
4	PATIMURA	2448
5	SAWOJAJAR	2269
6	AGUS SALIM	2368
7	JODIPAN	2274

Dari perhitungan di atas dapat kita ketahui keandalan dari tiap-tiap penyulang dan resiko gangguan konsumen sebelum dan setelah perbaikan yang dilakukan PLN. Dengan demikian diharapkan PLN dapat mengatasi masalah penyulang tersebut agar meningkatkan keandalan dari tiap-tiap penyulang.



Grafik 4.1.  
Perbandingan Sebelum dan Setelah Perbaikan

Tabel 4.6.  
Perbandingan Resiko Gangguan Pelanggan Sebelum dan Setelah Perbaikan

NO.	NAMA PENYULANG	RESIKO GANGGUAN SEBELUM PERBAIKAN (PELANGGAN)	RESIKO GANGGUAN SETELAH PERBAIKAN (PELANGGAN)	PERSENTASI PERBAIKAN (%)
1	BUNUL	3540	2655	25
2	KEDUNG KANDANG	2305	2032	11.84
3	ZAENAL ZAKSE	2297	2144	6.66
4	PATIMURA	2988	2448	18.07
5	SAWOJAJAR	2598	2269	12.66
6	KEDUNG KANDANG	2885	2368	17.92
7	JODIPAN	2509	2274	9.37

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dengan menggunakan logika fuzzy, berdasarkan perbaikan penyulang yang dilakukan oleh PLN di Gardu Induk Polehan melalui pemotongan pohon yang rawan gangguan, terdapat peningkatan keandalan. Dari 19122 pelanggan yang beresiko mengalami gangguan menjadi 16190 pelanggan yang beresiko mengalami gangguan. Maka peningkatan keandalan setelah perbaikan sebesar 2932 pelanggan atau sekitar 15.33 %.

#### **5.2. Saran**

Diharapkan kepada PLN agar dalam perbaikan penyulang untuk peningkatan keandalan penyulang khususnya di Gardu Induk Polehan Malang, tidak hanya dengan mengurangi jumlah pohon yang rawan gangguan terhadap penyulang. Tetapi juga dapat memperhatikan faktor lain penyebab gangguan seperti panjang penyulang yang terlalu panjang, jenis konduktor penyulang yang ukurannya kecil dan usia penyulang yang sudah cukup tua.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Turan Gonen, "*Electric Power Distribution System Engineering*", McGraw-Hill Book Company, 1987.
- [2] Hasan Basri, Ir., Sistem Distribusi Tenaga Listrik, Balai Penerbit dan Humas ISTN Bumi Srengseng Indah Ps. Minggu, Jakarta Selatan, 1996.
- [3] Sri Kusuma Dewi, "Analisis Dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan *Tool Box Matlab*", Graha Ilmu, 2002.
- [4] "Belajar Logika Fuzzy", *Fuzzy Logic Team* Laboratorium Mikroelektronika Institut Teknologi Nasional Malang.
- [5] Brian P. Lang ; Anil Pahwa, "*Power Distribution System Reliability Planning Using a Fuzzy Knowledge-Based Approach*", IEEE Transactions On Power Delivery, Vol. 15, No. 1, Januari 2000.

## **LAMPIRAN**

- **BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**
- **FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI**
- **LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI**
- **FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI**
- **LISTING PROGRAM**
- **DATA PENYULANG GARDU INDUK POLEHAN MALANG**
- **DATA PEMOTONGAN POHON**



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK

## BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

1. Nama : ROY INDRISULISTYANTO
2. NIM : 98 12 033
3. Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1
4. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
5. Judul Skripsi : ANALISIS KEANDALAN SISTEM  
DISTRIBUSI 20 kV DENGAN  
MENGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY  
DI UNIT PELAYANAN GARDU INDUK  
POLEHAN MALANG

Dipertahankan di hadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

- Hari : Jum'at  
Tanggal : 29 Oktober 2004  
Dengan Nilai : 80,10 (A) *g*

### Panitia Ujian Skripsi



*W. Sudjana*  
Ir. Wayan Sudjana, MT  
Ketua

*I. Made Wartana*  
Ir. I Made Wartana, MT  
Sekretaris

### Anggota Penguji

*Taufik Hidayat*  
Ir. Taufik Hidayat, MT  
Penguji Pertama

*Junior Siahaan*  
Ir. Junior Siahaan  
Penguji Kedua



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK

## FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : ROY INDRISULISTYANTO  
NIM : 98 12 033  
Masa Bimbingan : 15 Mei 2004 s/d 15 Nopember 2004  
Judul Skripsi : ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI  
20 kV DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
LOGIKA FUZZY DI UNIT PELAYANAN Gardu  
INDUK POLEHAN MALANG

No.	Tanggal	Uraian	Ket.
1.	02-11-2004	Perbaikan penulisan diameter konduktor menjadi jenis konduktor	✓
2.	02-11-2004	Perbaikan daftar pustaka dan indeks daftar pustaka	✓

Diperiksa dan Disetujui,

**Ir. Taufik Hidayat, MT**  
Penguji Pertama

**Ir. Junior Siahaan**  
Penguji Kedua

Mengetahui,

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT**

**Ir. Eko Nurcahyo**



## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

1. Nama : ROY INDRISULISTYANTO
2. NIM : 98 12 033
3. Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1
4. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
5. Judul Skripsi : ANALISIS KEANDALAN SISTEM  
DISTRIBUSI 20 kV DENGAN  
MENGUNAKAN METODE LOGIKA  
FUZZY DI UNIT PELAYANAN  
GARDU INDUK POLEHAN MALANG
6. Tanggal Mengajukan Skripsi : 15 Mei 2004
7. Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 2 Nopember 2004
8. Dosen Pembimbing : 1. Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
2. Ir. Eko Nurcahyo
9. Telah dievaluasi dengan nilai : 88 (Delapan Puluh Delapan)

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
NIP.P. 101 880 0189

Ir. Eko Nurcahyo  
NIP.P. 102 870 0172

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

Ir. I Made Wartana, MT  
NIP. 131 991 182



## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ROY INDRISULISTYANTO  
NIM : 98 12 033  
Masa Bimbingan : 17 MEI 2004 s/d 17 NOPEMBER 2004  
Judul Skripsi : ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 kV  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE LOGIKA  
FUZZY DI UNIT PELAYANAN GARDU INDUK  
POLEHAN MALANG

No.	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
1.	27 Juli 2004	Revisi kesalahan pengetikan dan tata cara penulisan mengenai <i>Bullets and Numbering</i> dan <i>Italic</i> pada Bab I, Bab II, Bab III	
2.	29 Juli 2004	Uji program menggunakan FoxPro	
3.	04 Agustus 2004	Uji program setelah mengganti program FoxPro menjadi program MatLab	
4.	05 Agustus 2004	Revisi kesalahan pengetikan pada Bab IV	
5.	06 Agustus 2004	Revisi hasil analisis data	
6.	09 Agustus 2004	Revisi penulisan judul gambar	
7.	11 Agustus 2004	Revisi makalah seminar skripsi	
8.	12 Agustus 2004	Revisi penulisan Abstraksi dan Bab V	
9.	16 September 2004	Acc Ujian Skripsi	
10.			

Malang, Oktober 2004  
Dosen Pembimbing,

**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT**

Form.S-4b



## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ROY INDRISULISTYANTO  
NIM : 98 12 033  
Masa Bimbingan : 17 MEI 2004 s/d 17 NOPEMBER 2004  
Judul Skripsi : ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 kV  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE LOGIKA  
FUZZY DI UNIT PELAYANAN GARDU INDUK  
POLEHAN MALANG

No.	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
1.	27 Juli 2004	Revisi kesalahan pengetikan dan tata cara penulisan mengenai <i>Bullets and Numbering</i> dan <i>Italic</i> pada Bab I, Bab II, Bab III	
2.	29 Juli 2004	Uji program menggunakan FoxPro	
3.	04 Agustus 2004	Uji program setelah mengganti program FoxPro menjadi program MatLab	
4.	05 Agustus 2004	Revisi tabel hasil perhitungan pada Bab IV	
5.	06 Agustus 2004	Revisi penulisan pada Bab IV	
6.	11 Agustus 2004	Revisi makalah seminar skripsi	
7.	12 Agustus 2004	Revisi penulisan pada Daftar Pustaka	
8.	16 September 2004	Acc Ujian Skripsi	
9.			
10.			

Malang, Oktober 2004  
Dosen Pembimbing,

**Ir. Eko Nurcahyo**

Form.S-4b

---

```
%Program untuk menghitung
clc
%Perhitunga fuzzy sebelum perbaikan
interface=ddeinit('excel','plandis1.xls');
data=ddereq(interface,'r5c5:r11c8');
disp(data);
f=readfis('roy');
hasil=zeros(7,1);
for i=1:7
    hasil(i)=evalfis([data(i,1) data(i,2) data(i,3) data(i,4)],f);
end
cek=ddepoke(interface,'r17c3:r23c3',hasil);
%Perhitungan fuzzy setelah perbaikan
interface=ddeinit('excel','plandis1.xls');
data=ddereq(interface,'r41c5:r47c8');
disp(data);
f=readfis('roy');
hasil=zeros(7,1);
for i=1:7
    hasil(i)=evalfis([data(i,1) data(i,2) data(i,3) data(i,4)],f);
end
cek=ddepoke(interface,'r53c3:r59c3',hasil);
```





### DATA PENYULANG GARDU INDUK POLEHAN

NO.	NAMA PENYULANG	TRAFO	PANJANG (KM)	JUMLAH POHON RAWAN GANGGUAN	PENGGANTIAN PENYULANG	UMUR PENYULANG	JENIS KONDUKTOR	GARDU TRAFO	JUMLAH PELANGGAN
1.	BUNUL	TRAFO 1 70/20 KV 30 MVA	25.6	477	1989	15	ACSR 3 X 110 mm <sup>2</sup>	75	8214
2.	KEDUNG KANDANG	TRAFO 1 70/20 KV 30 MVA	20.3	353	1992	12	ACSR 3 X 150 mm <sup>2</sup>	36	5368
3.	ZAENAL ZAKSE	TRAFO 1 70/20 KV 30 MVA	22.4	222	1987	17	ACSR 3 X 150 mm <sup>2</sup>	64	6802
4.	PATIMURA	TRAFO 2 70/20 KV 30 MVA	23.2	302	1990	14	ACSR 3 X 110 mm <sup>2</sup>	71	7564
5.	SAWOJAJAR	TRAFO 2 70/20 KV 30 MVA	19.6	518	1991	13	ACSR 3 X 110 mm <sup>2</sup>	53	6011
6.	AGUS SALIM	TRAFO 2 70/20 KV 30 MVA	22.8	295	1989	15	ACSR 3 X 110 mm <sup>2</sup>	79	7325
7.	JODIPAN	TRAFO 2 70/20 KV 30 MVA	26.4	283	1994	10	ACSR 3 X 110 mm <sup>2</sup>	69	7005

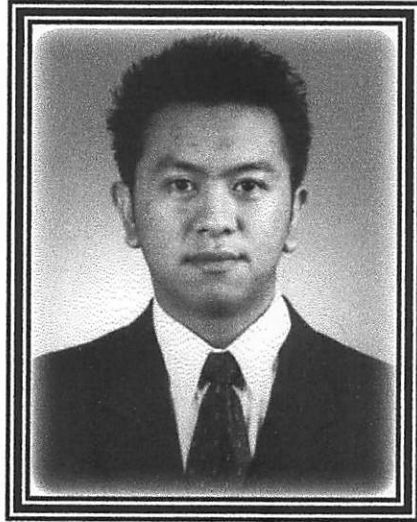


**PT. PLN ( PERSERO ) DISTRIBUSI JATIM  
AREA PELAYANAN DAN JARINGAN MALANG  
UNIT JARINGAN MALANG**

**PEMOTONGAN POHON WILAYAH GARDU INDUK POLEHAN PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG**

NO.	PENYULANG	TRAFO	PANJANG (KMS)	TARGET PEMOTONGAN POHON	REALISASI PEMOTONGAN POHON / BULAN												JUMLAH POHON YANG TERSISA	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		PENGURANGAN
1	BUNUL	TRAFO 1 - 70/20 kV - 30 MVA	25.6	477	51	62	36	58	44	55	66						372	105
2	KEDUNG KANDANG	TRAFO 1 - 70/20 kV - 30 MVA	20.3	353	16	9	18	25	12	17	11						108	245
3	ZAENAL ZAKSE	TRAFO 1 - 70/20 kV - 30 MVA	22.4	222	11	15	13	11	10	12	16						88	134
4	PATIMURA	TRAFO 2 - 70/20 kV - 30 MVA	23.2	302	41	24	30	13	18	25	24						175	127
5	SAWOJAJAR	TRAFO 2 - 70/20 kV - 30 MVA	19.6	518	19	34	35	14	28	25	13						168	350
6	AGUS SALIM	TRAFO 2 - 70/20 kV - 30 MVA	22.8	295	17	30	26	19	29	18	10						149	146
7	JODIPAN	TRAFO 2 - 70/20 kV - 30 MVA	26.4	283	12	22	32	21	30	26	28						171	112

## RIWAYAT HIDUP PENULIS



**ROY INDRISULISTYANTO**

Sarjana Teknik Elektro Energi Listrik yang telah menyelesaikan studinya di Institut Teknologi Nasional Malang pada tahun 2004. Lahir di Palangkaraya pada tanggal 15 Oktober 1980. Jenjang pendidikan yang ditempuh adalah pendidikan Taman Kanak-Kanak Tunas Rimba II Palangkaraya selama 1 tahun pada tahun 1984. Dilanjutkan dengan Sekolah Dasar Katolik Palangkaraya yang ditempuh pada tahun 1986 sampai dengan tahun 1992, kemudian Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama Negeri II Palangkaraya pada tahun 1992 hingga tahun 1995. Kemudian pada tahun 1995 penulis merantau ke pulau Jawa, khususnya di kota Malang untuk menempuh pendidikan Sekolah Teknik Menengah Telekomunikasi pada tahun 1995 hingga tahun 1998. Dan pada tahun 1998 penulis menjadi mahasiswa Teknik Elektro Energi Listrik S-1 di Institut Teknologi Nasional Malang hingga tahun 2004. Penulis juga aktif sebagai instruktur dan asisten di Laboratorium Sistem Tenaga dan Distribusi Elektrik pada tahun 2001 hingga tahun 2004