

LAPORAN TUGAS AKHIR

IMPLEMENTASI LOGIKA *FUZZY* METODE MAMDANI PADA SISTEM KOORDINASI RELE ARUS LEBIH

Diajukan guna melengkapi sebagian syarat dalam mencapai
gelar Sarjana Strata Satu (S1)



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Nama : Ansyori Fernanda
N.I.M. : 41419120065
Pembimbing : Fadli Sirait, S.Si., MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN
IMPLEMENTASI LOGIKA *FUZZY* PADA SISTEM KOORDINASI RELE
ARUS LEBIH



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh:

Nama : Ansyori Fernanda

N.I.M : 41419120065

Program Studi: Teknik Elektro

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

(Fadli Sirait S.Si, MT)

Kaprodi Teknik Elektro

(Dr. Ir. Eko Ihsanto, M.Eng)

Koordinator Tugas Akhir

(Muhammad Hafizd Ibu Hajar, ST.M.Sc)

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Ansyori Fernanda

NIM : 41419120065

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : Implementasi Logika *Fuzzy* Metode Mamdani Pada Sistem Koordinasi Rele Arus Lebih

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 07-2021

10000
METERAI
TEMPEL
35F9DAJX230455912

Ansyori Fernanda

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT atas semua rezeki dan kasih sayang yang telah diberikan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul “Implementasi Logika *Fuzzy* Metode Mamdani Pada Sistem Koordinasi Rele Arus Lebih” tepat waktu.

Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat akademik yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan studi untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Mercubuana. Penulis sadar bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, diharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun.

Pada kesempatan yang baik ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, waktu, pengarahan, nasehat, dan pemikiran dalam menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan kepada penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir tepat pada waktunya,
2. Orang tua penulis, Hj. Rusdiana, S.Pd dan (Alm) H. Darman Achmad, Istri dan anak-anak penulis yang selalu memberikan perhatian, doa dan semangat dalam masa pendidikan yang dijalani hingga bisa menyelesaikan tugas akhir tepat waktu,
3. Kaprodi Teknik Elektro, Dr. Ir. Eko Ihsanto, M.,Eng, Koordinator Tugas Akhir, Muhammad Hafizd Ibnu Hajar, ST. M.,Sc dan Fadli Sirait, S.Si., MT selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan dan membimbing saya dalam penyusunan skripsi ini.

4. PT Krakatau Posco, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk dapat melakukan penelitian dan pengambilan data.
5. Teman - teman seperjuangan dari kota Cilegon, Muhammad Muhlisin dan Agandi Haryo Widagdo yang selalu bersama-sama berjuang menyelesaikan kuliah meski harus bekerja, terimakasih banyak karena kalian luar biasa.
6. Seluruh rekan-rekan Teknik Elektro Universitas Mercu Buana yang selalu memberikan motivasi baik sharing pendapat dan hal-hal lainnya dalam rangka tugas kuliah dan penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata penulis berharap semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan manfaat bagi pihak – pihak yang membacanya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Cilegon, Juli 2021

Penulis

ABSTRAK

Di dunia industri, sistem kelistrikan dibutuhkan untuk menjalankan mesin produksi, fasilitas dan semua peralatan lainnya. Dunia industri sangat membutuhkan kehandalan dalam sistem tenaga listrik untuk mendukung kontinuitas proses produksinya. Karena itu sistem proteksi yang baik untuk fasilitas dan peralatan kelistrikan sangat penting untuk mencegah terjadinya gangguan – gangguan pada penyaluran tenaga listrik pada industri tersebut. Salah satu gangguan kelistrikan yang biasanya dicegah adalah arus hubung singkat atau arus lebih (*over current*) dengan menggunakan *over current relay* (OCR).

OCR atau rele arus lebih adalah rele yang bekerja berdasarkan besaran arus dengan satuan waktu yang diatur dan berfungsi sebagai pengaman instalasi listrik terhadap gangguan fasa-fasa, fasa ke tanah atau 3 fasa. Untuk mendapatkan kinerja yang optimal dari *over current relay* (OCR) dibutuhkan perhitungan parameter *setting* rele dengan sangat baik. Dengan demikian sistem koordinasi terkait waktu operasi dari rele yang berdekatan dapat ditentukan dengan baik. Karena itu dibutuhkan sistem kecerdasan buatan yang mampu membantu menetapkan *setting* rele dengan akurat. *Fuzzy logic* adalah cabang ilmu kecerdasan buatan (*Artificial Intellegence*) yang dapat meniru kecerdasan manusia untuk melakukan sesuatu dan mengimplementasikannya ke suatu perangkat. Pada penelitian ini, dilakukan perbandingan perhitungan parameter *setting* rele antara *fuzzy inference system* (FIS) dan perhitungan secara konvensional.

Pada akhir penelitian didapatkan kesimpulan bahwa tingkat keakuratan *setting* waktu operasi dari *fuzzy inference system* (FIS) terhadap perhitungan waktu operasi rele secara konvensional mencapai 98%. Standar error waktu operasi t (detik) hasil *fuzzy inference system* (FIS) terhadap waktu operasi hasil perhitungan konvensional adalah 0,0045 – 0,1. Selisih terkecil waktu operasi antara kedua metode adalah 0,009 detik sedangkan selisih waktu terbesar antar metode keduanya adalah 0,2 detik.

Kata kunci : OCR, *fuzzy logic*, koordinasi, FIS

ABSTRACT

In the industrial world, electrical systems are needed to run production machines, facilities and all other equipment. The industrial world is in dire need of reliability in the electric power system to support the continuity of its production process. Therefore, a good protection system for electrical facilities and equipment is very important to prevent disturbances of electric power in the industry. One of the electrical disturbances that is usually prevented is short circuit or over current by using over current relay (OCR).

Over current relay is a relay that works based on the amount of current with a set time unit and functions as a safety for electrical installations against phase-to-phase, phase to ground or 3-phase disturbances. To get optimal performance from over current relay (OCR) it is necessary to calculate the relay parameter settings very well. Thus the timing of the coordination system related to the operating time of adjacent relays can be determined properly. Therefore, an artificial intelligence system is needed that can help determine relay settings accurately. Fuzzy logic is a branch of artificial intelligence (Artificial Intelligence) that can imitate human intelligence to do something and implement it to a device. In this study, a comparison of the calculation of relay setting parameters was carried out between fuzzy inference system (FIS) and conventional calculations.

At the end of the study, it was concluded that the accuracy of the operating time setting of the fuzzy inference system (FIS) reached 98%. Standard error of operating time t (seconds) of the results of the fuzzy inference system (FIS) against the operating time of conventional calculations is 0.0045 – 0.1. Smallest difference in operating time between the two methods is 0.009 seconds while the largest time difference between the two methods is 0.2 seconds.

Key Words :OCR, fuzzy logic, coordination, FIS

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiiiv
DAFTAR SINGKATAN.....	xiiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Metode Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka Terdahulu.....	7
2.2 Gangguan-Gangguan Sistem Tenaga Listrik	14
2.2.1 Analisis Gangguan Hubung Singkat	15
2.3 Perhitungan Arus Hubung Singkat	16
2.3.1 Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa.....	16
2.3.2 Gangguan Hubung Singkat Antar 2 Fasa	17

2.3.3	Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah.....	18
2.3.4	Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah.....	18
2.4	Sistem Proteksi Tenaga Listrik.....	19
2.4.1	Rele Proteksi Pada Sistem Tenaga Listrik.....	20
2.4.2	Tipe Rele Proteksi.....	21
2.5	Persyaratan Rele Proteksi.....	22
2.6	Rele Arus Lebih.....	26
2.6.1	Prinsip Kerja Rele Arus Lebih.....	26
2.6.2	Dasar Pemilihan Setting Rele Arus Lebih.....	26
2.6.3	Konstruksi Rele Arus Lebih.....	27
2.6.4	Karakteristik Rele Arus Lebih.....	27
2.7	Pemilihan <i>Setting</i> Rele Arus Lebih.....	31
2.7.1	<i>Setting</i> Arus Pada Rele.....	31
2.7.2	<i>Setting</i> Waktu Pada Rele.....	33
2.8	Koordinasi Sistem Proteksi Pada Tenaga Listrik.....	34
2.9	Logika <i>Fuzzy</i>	35
2.9.1	Arsitektur Logika <i>Fuzzy</i>	36
2.10	Matlab.....	40
2.10.1	<i>Fuzzy Logic Toolbox</i>	43
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		47
3.1	Flowchart Penelitian.....	47
3.2	Sistem Kelistrikan di Area <i>Mill Line</i>	49
3.3	Beban Listrik Area <i>Mill Line</i>	51
3.3.1	<i>Reheating Furnace</i>	51
3.3.2	<i>Mill Line Aux. Power</i>	52

3.3.3	<i>Mill Line VV Power</i>	52
3.3.4	<i>Air Compressor</i>	53
3.3.5	<i>Descaling</i>	53
3.3.6	<i>Mill Line Common Aux. Power</i>	54
3.3.7	Total Arus Hubung Singkat Tiap <i>Feeder</i>	55
3.4	Perancangan <i>Setting Rele Dengan Fuzzy Logic</i>	56
3.4.1	Karakteristik <i>Kurva</i>	56
3.4.2	Karakteristik <i>Input</i>	57
3.4.3	Karakteristik <i>Output</i>	62
3.4.4	<i>Rules</i>	64
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		65
4.1	<i>Setting Parameter Rele Dengan Perhitungan Konvensional</i>	66
4.1.1	<i>Setting Rele Pada Sub-Fasilitas Area Reheating Furnace</i>	66
4.1.2	<i>Setting Rele Pada Sub-Fasilitas Area Mill Line Aux. Power</i>	74
4.1.3	<i>Setting Rele Pada Sub-Fasilitas Area Mill Line Main Power</i>	78
4.1.4	<i>Setting Rele Pada Sub-Fasilitas Area Air Compressor</i>	82
4.1.5	<i>Setting Rele Pada Sub-Fasilitas Area FM Field Trafo</i>	87
4.1.6	<i>Setting Rele Pada Sub-Fasilitas Area Descaling Pump</i>	89
4.1.7	<i>Setting Rele Pada Sub-Fasilitas Area Mill Line Common Aux.</i> ...	92
4.2	Tabel <i>Setting Rele Dari Hasil Perhitungan Konvensional</i>	97
4.3	<i>Setting Parameter Rele Dengan Fuzzy Logic FIS</i>	101
4.3.1	Karakteristik <i>Input Fuzzy Logic FIS</i>	101
4.3.2	Karakteristik <i>Output Fuzzy Logic FIS</i>	106
4.3.3	<i>Rules</i>	110
4.4	Hasil <i>Fuzzy Logic FIS</i>	115

4.5	Pembahasan dan Grafik Perbandingan Parameter <i>Setting</i> Rele	117
BAB V	PENUTUP	118
5.1	Kesimpulan.....	118
5.2	Saran	119
DAFTAR PUSTAKA		120



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Fasor Tegangan Tiga Fasa Seimbang	16
Gambar 2.2 Model Saluran Gangguan 3 Fasa.....	16
Gambar 2.3 Model Saluran Gangguan Antar 2 Fasa.....	17
Gambar 2.4 Model Saluran Gangguan 1 Fasa Ke Tanah.....	18
Gambar 2.5 Model Saluran Gangguan 2 Fasa Ke Tanah.....	18
Gambar 2.6 Alur Kerja Rele Proteksi.....	19
Gambar 2.7 Elemen Dasar Rele Proteksi.....	20
Gambar 2.8 Sistem Selektivitas Rele Proteksi	24
Gambar 2.9 Skema Rele Arus Lebih	27
Gambar 2.10 Karakteristik Rele Arus Lebih <i>Instant</i>	28
Gambar 2.11 Rangkaian Rele Arus Lebih <i>Instant</i>	28
Gambar 2.12 Karakteristik Rele Arus Lebih <i>Definite</i>	29
Gambar 2.13 Karakteristik Operasi Invers Time Rele	31
Gambar 2.14 Batas Ketelitian <i>Setting</i> Arus Berdasarkan BS 142-1983.....	32
Gambar 2.15 Contoh <i>Setting</i> Koordinasi Dengan Kelembatan Waktu.....	34
Gambar 2.16 Susunan Sistem <i>Fuzzy</i> (Wang, 1997)	37
Gambar 2.17 Tampilan FIS (<i>Fuzzy Inference Sistem</i>).....	44
Gambar 2.18 <i>Membership Function</i>	44
Gambar 2.19 <i>Rule Editor</i>	45
Gambar 2.20 <i>Rule Viewer</i>	46
Gambar 2.21 <i>Surface Viewer</i>	46
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	47
Gambar 3.2 <i>Single Line Diagram Plate Mill Plant Mill Line</i>	50
Gambar 3.3 Kurva Segitiga <i>Fuzzy Logic</i>	56
Gambar 3.4 <i>FIS Editor</i>	57
Gambar 3.5 <i>Membership Function</i> Iset Rele Arus Lebih	59
Gambar 3.6 <i>Membership Function TMS</i> Rele Arus Lebih	62
Gambar 3.7 <i>Membership Function t</i> (detik)	63
Gambar 4.1 <i>Single Line Diagram Reheating Furnace</i>	66

Gambar 4.2 <i>Single Line Diagram Mill Line Aux.Power</i>	74
Gambar 4.3 <i>Single Line Diagram Mill Line Drive Main Power</i>	78
Gambar 4.4 <i>Single Line Diagram Air Compressor</i>	82
Gambar 4.5 <i>Single Line Diagram FM Field Trafo</i>	87
Gambar 4.6 <i>Single Line Diagram Descaling Pump</i>	89
Gambar 4.7 <i>Single Line Diagram Mill Line Common Aux</i>	92
Gambar 4.8 <i>Iset Membership Function (VI, ampere kecil)</i>	103
Gambar 4.9 <i>Iset Membership Function (VI, ampere besar)</i>	103
Gambar 4.10 <i>Iset Membership Function (LTI)</i>	104
Gambar 4.11 <i>TMS Membership Function</i>	106
Gambar 4.12 <i>Membership Function Plots t (0,1 – 2)</i>	108
Gambar 4.13 <i>Membership Function Plots t (0,1 – 3,3)</i>	109
Gambar 4.14 <i>Membership Function Plots t (1 – 90)</i>	110
Gambar 4.15 <i>Rule Base VI Ampere Kecil</i>	112
Gambar 4.16 <i>Rule Base VI Ampere Besar</i>	114
Gambar 4.17 <i>Rule Base LTI</i>	115
Gambar 4.18 <i>Grafik Tingkat Keakuratan Fuzzy Logic</i>	117

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Total Beban Di Main E/R	51
Tabel 3.2 <i>Common Facility</i> Di <i>Reheating Furnace</i>	52
Tabel 3.3 <i>Common Facility</i> Di <i>Mill Line Aux Power</i>	52
Tabel 3.4 <i>Common Facility</i> Di <i>Mill Line VV Power</i>	52
Tabel 3.5 <i>Common Facility</i> Di <i>Air Compressor</i>	53
Tabel 3.6 <i>Common Facility</i> Di <i>Descaling Pump</i>	54
Tabel 3.7 <i>Common Facility</i> Di <i>Mill Line Common Aux Main Power</i>	54
Tabel 3.8 Total Arus Hubung Singkat Tiap <i>Feeder</i>	55
Tabel 3.9 Nilai <i>Domain Iset</i> Rele Arus Lebih	58
Tabel 3.10 Nilai <i>Domain TMS</i> Rele Arus Lebih	60
Tabel 3.11 Nilai <i>Domain t</i> (detik)	63
Tabel 3.12 Rules	64
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Rele Arus Fasa <i>Main E/R</i>	97
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Sub-Fasilitas Area <i>Reheating Furnace</i>	98
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Sub-Fasilitas Area <i>Mill Line Aux Power</i>	98
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Sub-Fasilitas Area <i>Mill Line Drive Main Power</i>	99
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Sub-Fasilitas Area <i>Air Compressor</i>	99
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Sub-Fasilitas Area <i>FM Field Trafo</i>	100
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Sub-Fasilitas Area <i>Descaling Pump</i>	100
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Sub-Fasilitas Area <i>Mill Line Common Aux</i>	100
Tabel 4.9 Nilai <i>Domain Iset</i>	101
Tabel 4.10 Nilai <i>Domain TMS</i>	104
Tabel 4.11 Hasil Nilai <i>t</i> (detik)	107
Tabel 4.12 Hasil <i>Domain t</i> (0,1 – 2)	108
Tabel 4.13 Hasil <i>Domain t</i> (0,1 – 3,3)	108
Tabel 4.14 Hasil <i>Domain t</i> (1 – 90)	109
Tabel 4.15 Hasil <i>t</i> (detik) Dengan <i>Fuzzy Logic FIS</i>	115

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
OCR	<i>Over Current Relay</i>
FIS	<i>Fuzzy Inference System</i>
MATLAB	<i>Matrix Laboratory</i>
TMS	<i>Time Multiplier Setting</i>
GFR	<i>Ground Fault Relay</i>
TDS	<i>Time Dial Setting</i>
MVA	<i>Megavolt Amperes</i>
GI	Gardu Induk
FLC	<i>Fuzzy Logic Controller</i>
DWT	<i>Dead Weight Tonnage</i>
CB	<i>Circuit Breaker</i>
TC	<i>Trip Coil</i>
CT	<i>Current Transformer</i>
IDMT	<i>Inverse Definite Minimum Time</i>
TCC	<i>Time Current Characteristic</i>
PMT	Pemutus Tenaga
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
BS	<i>British Standard</i>
CoA	<i>Center of Area</i>
MOM	<i>Mean of Maximum</i>
LOM	<i>Largest of Maximum</i>
SOM	<i>Smallest of Maximum</i>
GUI	<i>Graphical User Interfaces</i>
API	<i>Application Program Interface</i>
RF	<i>Reheating Furnace</i>
FM	<i>Finishing Mill</i>
R/T	<i>Rolltable</i>

FLA	<i>Full Load Ampere</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
E/R	<i>Electrical Room</i>
VI	<i>Very Inverse</i>
LI	<i>Long Inverse</i>

