

Desain Yang Efektif Pada Sistem Koordinasi Rele Arus Lebih Menggunakan Logika Fuzzy

Fadli Sirait¹⁾, Ansyori Fernanda²⁾, Akhmad Wahyu Dani³⁾, & Ika Sari Damayanthi Sebayang⁴⁾

^{1,2,3,4} Universitas Mercu Buana, Jl. Meruya Selatan No. 1, Kembangan, Jakarta Barat, Telp +62(21) 5840816
Website: <https://www.mercubuana.ac.id>, E-mail: fadli.sirait@mercubuana.ac.id

Abstrak

Sistem proteksi yang baik pada peralatan kelistrikan sangat penting untuk mencegah terjadinya gangguan listrik di dunia industri. Salah satu gangguan listrik yang biasanya dicegah adalah arus hubung singkat atau arus lebih (over current) dengan menggunakan over current relay (OCR). Untuk mendapatkan kinerja yang optimal dari over current relay dibutuhkan 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: logika fuzzy, OCR, rele, FIS

Abstract

Electrical equipment protection systems must be reliable to avoid electrical disruptions in the industrial sector. A short circuit current or overcurrent can be one of the electrical disturbances that is typically prevented by utilizing an overcurrent relay (OCR). A good calculation parameter setting is required to ensure that the coordination between close rails does not function and that the overcurrent relay performs at its best. In this study, a comparison of the fuzzy inference system's (FIS) computations of the relay configuration parameters with conventional calculations was conducted. At the conclusion of the study, it was concluded that the fuzzy inference system's (FIS) operating time setting accuracy for calculating the conventional relay's operation time was 98%. The operating time t (seconds) from the fuzzy inference system (FIS) results vs the operating time of the traditional computation results has a standard error of 0.0045 to 0.1. The smallest operating time difference between the two methods is 0.009 seconds, while the biggest difference is 0.2 seconds.

Keyword: fuzzy logic, OCR, rele, FIS

1 PENDAHULUAN

Proses produksi pada dunia industri sering kali dilakukan tanpa henti selama 24 jam secara berkesinambungan. Gangguan pada jaringan listrik dapat mengakibatkan proses produksi yang terhenti dan menimbulkan kerugian yang cukup signifikan. Salah satu gangguan kelistrikan yang biasanya dicegah agar tidak terjadi adalah arus hubung singkat atau arus lebih (over current) dengan menggunakan Over Current Relay (OCR) [1]. Gangguan hubung singkat merupakan salah satu masalah terbesar pada sistem kelistrikan. Pengaturan parameter harus dihitung dengan cepat, fleksibel, dan handal, sehingga perangkat pelindung dapat bereaksi dengan benar saat terjadi kesalahan. OCR atau rele arus lebih adalah rele yang beroperasi pada satuan waktu tetap berdasarkan besaran arus dan berfungsi sebagai proteksi instalasi listrik terhadap gangguan fasa ke fasa, fasa ke bumi atau 3 fasa.

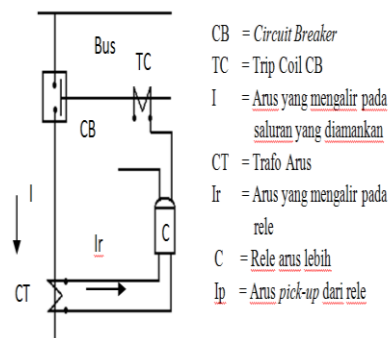
Untuk mendapatkan performa Overcurrent Relay (OCR) yang optimal, perlu dilakukan perhitungan setting dan parameter dari rele dengan sangat baik. [2]. Dengan demikian, waktu pengoperasian rele yang berdekatan dapat ditentukan dengan benar. Oleh karena itu, diperlukan sistem kecerdasan buatan yang dapat memprediksi perhitungan setting rele dengan akurat [3]. Logika fuzzy merupakan bagian dari *artificial intelligent* yang memiliki kemampuan untuk meniru kecerdasan manusia untuk melakukan sesuatu dan mengeksekusinya pada suatu perangkat. Metode logika fuzzy dapat diimplementasikan pada *control theory*, *decision theory* dan beberapa bagian dari ilmu manajemen. Keuntungannya adalah kemampuan untuk menangani pertimbangan secara linguistik sehingga persamaan matematis dari objek yang dikontrol tidak diperlukan dalam desainnya. Dengan bantuan metode logika fuzzy ini diharapkan dapat membantu dalam perhitungan untuk menentukan waktu respon rele arus lebih.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Relay Arus Lebih

Rele arus lebih adalah jenis rele yang beroperasi sesuai dengan besarnya arus input. Rele arus lebih akan bekerja pada saat arus input melebihi nilai yang telah ditetapkan. Arus adalah variable yang diperlukan agar rele dapat berfungsi. Walaupun secara prinsip adalah sederhana, rele memiliki berbagai macam sifat yang hanya dapat *didevelop* dengan menggunakan variabel arus dan waktu.

Rele arus lebih pada dasarnya bertindak sebagai proteksi hubung singkat, tetapi dalam beberapa kasus mereka juga dapat bertindak sebagai proteksi kelebihan beban [4]. Pengoperasian rele ini tidak hanya berfungsi sebagai pelindung utama bagian yang dilindungi, tetapi juga sebagai pelindung cadangan untuk bagian-bagian berikutnya. Gangguan yang dapat diproteksi dengan proteksi arus lebih (gangguan fasa) meliputi *short circuit* yang terjadi antar fasa, *short circuit* pada tiga fasa, dan tiga fasa ketanah. Pada saat nilai pada arus beban lebih besar dari nilai rele yang ditetapkan, maka rele ini akan diaktifkan. Struktur rele arus lebih sederhana ditunjukkan pada Gambar 1.



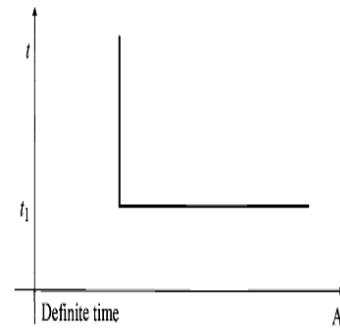
Gambar 1 Skema overcurrent rele

Berdasarkan karakteristik waktunya rele arus lebih dibedakan atas 4 jenis karakteristik yaitu :

- Instantaneous Rele
- Definite Rele
- Inverse Rele
- Inverse Definite Minimum Time (IDMT)

2.2 Relay Arus Definite

Perangkat rele proteksi yang menggunakan karakteristik waktu tertentu yang diatur pada rele hanya menggunakan waktu operasi proteksi sebagai dasar pengaturan, terlepas dari seberapa besar arus gangguan yang ada. Gambar 2 adalah kurva rele OCR dengan karakteristik tertentu.

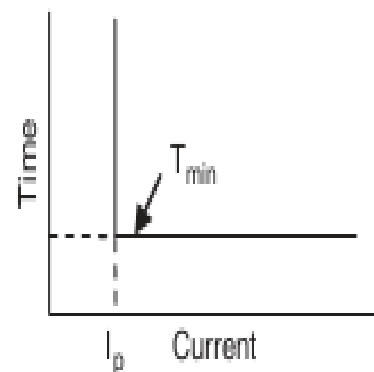


Gambar 2 Karakteristik overcurrent definite

Pada gambar 2, dapat dilihat karakteristik waktu dan arus dari rele definite, dimana t_s memiliki pengaturan waktu yang benar. Keunggulan pada karakteristik *overcurrent definite* yaitu mudah dikoordinasikan dan durasi pemrosesan adalah tidak ada ketergantungan terhadap berubahnya *capacity production*. Selain kelebihan, ada juga kekurangannya, yaitu penumpukan waktu di rele hulu. Sementara itu, pada saat memasang rele waktu tunda, pengoperasian sirkuit tergantung pada pengaturan waktu.

2.3 Rele Arus Lebih Instant

Prinsip pengoperasian rele jenis ini adalah tidak ada waktu tunda, tetapi tetap beroperasi dengan cepat selama 0,1 detik, biasanya adalah dengan waktu lebih kecil dari 0,05 detik, dapat dilihat pada Gambar 3.



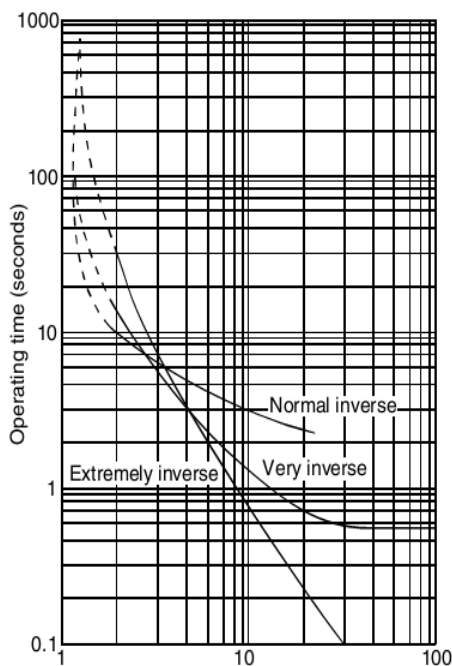
Gambar 3 Karakteristik arus lebih Instant

Pengoperasian model rele ini adalah dengan merujuk pada seberapa besar gangguan short circuit yang dipilih. Penyesuaian koordinasi proteksi pada sistem distribusi tegangan menengah disebut setting moment/instant. Misalnya, jika terjadi korsleting, CB terbuka dengan sangat cepat (50 milidetik), yang

berarti terjadi korsleting dengan nilai arus cukup besar.

2.4 Rele Arus Lebih *Inverse*

Untuk rele pengaman dengan karakteristik rele *reverse timing*, grafik antara arus dan waktu dibalik, sehingga semakin tinggi nilai arus gangguan hubung singkat maka semakin singkat waktu pembukaan saklar (PMT). Yang dilakukan selain mengevaluasi kuat arus dan karakteristik rele, juga mengetahui besarnya arus hubung singkat di tiap bagian. Karakteristik fungsional dari rele arus lebih terbalik dijelaskan oleh kurva arus atau yang disebut dengan *time current characteristic* (TCC). TCC adalah kurva dengan skala pada skala waktu. Semakin tinggi waktunya, semakin lama waktu pengoperasian rele.



Gambar 4 Karakteristik operasi inverse time relay [5]

Karakteristik fungsional rele pembalik menurut standar IEC 2510-1989 adalah sebagai berikut:

a). *Standart Inverse*

$$t = \frac{0,14}{(I)^{0,02-1}} \times \frac{D}{10} \dots\dots\dots(1)$$

b). *Very Inverse*

$$t = \frac{13,5}{(I)-1} \times \frac{D}{10} \dots\dots\dots(2)$$

c). *Extremely Inverse*

$$t = \frac{80}{(I)^2-1} \times \frac{10}{D} \dots\dots\dots(3)$$

d). *Long Inverse*

$$t = \frac{120}{(I) - 1} \times \frac{D}{10} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

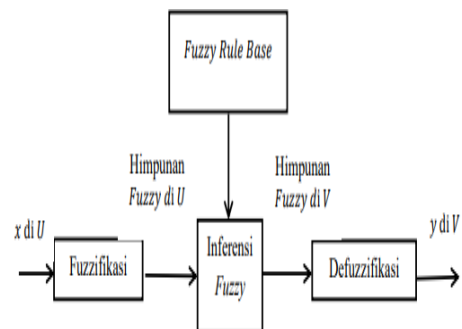
- t = waktu *trip*nya rele
- I = arus pengali untuk setting arus input = $\frac{I_f}{I_{set}}$ (ampere)
- I_f = arus gangguan
- I_{set} = arus *setting actual* pada rele
- D = *time setting = time dial*

Pemilihan Setting Arus Pada Relay Arus Lebih

- Batas pemilihan pengaturan relai harus mempertimbangkan pengaturan pengaturan bawah dan atas.
- Setting low set atau batas bawah harus lebih besar dari arus beban maksimum. Mengacu pada Standart British BS 142- 1983 batas pemilihan setting antara nominal 1.05 – 1.3 Inominal. Pada pemilihan setting high set atau batas atas ditetapkan Iset <= 0.8 Isc min
- Mengacu pada pemilihan setting high set dan low set, persyaratan pemilihan setting arus dapat dirumuskan sebagai berikut :
1,05 I_{maks} < Iset < 0,8 Isc min

2.5 *Fuzzy Inference System (FIS)*

Lutfi A. Zadeh adalah orang yang pertama kali menemukan tentang teorema logika fuzzy pada tahun 1965 di Universitas California Barkley pada bidang ilmu Komputer. Dimana Zadeh meyakini bahwa logika benar-salah tidak dapat digunakan untuk mewakili setiap pemikiran manusia. Selanjutnya, mengembangkan logika fuzzy yang diyakini dapat mewakili berbagai macam kondisi atau pemikiran manusia. Adapun perbedaan antara logika persuasive dan logika fuzzy adalah keanggotaan elemen yang terdapat didalam sebuah himpunan. Dalam sebuah logika tegas, apabila sebuah elemen memiliki dua pilihan, yaitu berada didalam himpunan diberi nilai 1 yang berarti adalah benar, dan berada diluar himpunan yang diberi nilai 0 yang berarti adalah salah. Keanggotaan elemen didalam sebuah logika fuzzy adalah [0,1].



Gambar 5 Susunan sistem fuzzy

Penjelasan arsitektur atau susunan sistem fuzzy adalah sebagai berikut:

- a) Fuzzifikasi
Fuzzifikasi adalah pemetaan dari sebuah himpunan tegas ke himpunan fuzzy [6]. Metode fuzzy harus memenuhi sebuah kriteria yaitu bahwa semua anggota himpunan tegas harus terdapat dalam himpunan fuzzy, tidak ada intervensi input sistem fuzzy yang digunakan, harus dapat melakukan perhitungan dalam himpunan fuzzy mengatur. untuk menyederhanakan sistem.
- b) Aturan Fuzzy (*Fuzzy Rule Base*)
Adapun rule yang diimplementasikan pada sebuah himpunan fuzzy adalah aturan *IF-THEN*.
- c) Inferensi Fuzzy
Inferensi fuzzy adalah fase evaluasi aturan fuzzy. Langkah evaluasi yang dilakukan adalah dengan menggunakan inferensi sebagai dasar, dimana input fuzzy dan aturan fuzzy digunakan sehingga outputnya adalah berupa himpunan fuzzy
- d) Defuzzifikasi
Defuzzifikasi adalah kebalikan dari fuzzifikasi [6], yang mendefinisikan defuzzifikasi adalah sebuah pemetaan dari sebuah himpunan fuzzy (B) ke dalam himpunan tegas. Teorema fuzzy yang disebutkan di sini adalah keluaran dari hasil konklusif. Proses defuzzifikasi memiliki tiga kriteria yang harus dipenuhi yaitu perhitungan yang wajar, sederhana, dan kontinyu.

3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sistem Kelistrikan di Area Mill Line

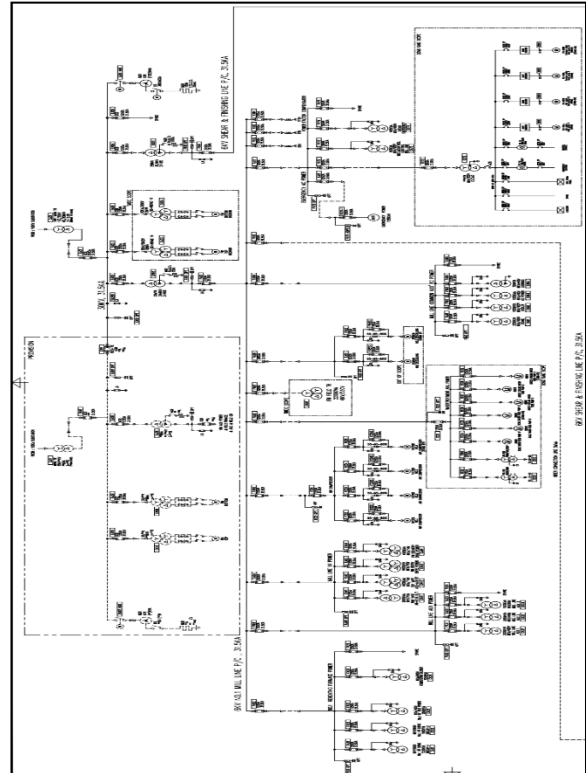
Sistem distribusi yang digunakan pada kawasan ini menggunakan jaringan distribusi radial. Sistem ini memiliki kelebihan dan kekurangan. Kekurangannya adalah jika salah satu bus mengalami masalah atau kegagalan, maka aliran listrik akan terputus karena hanya satu jalur yang digunakan untuk menyuplai daya. Sedangkan keuntungannya adalah sistem radial tidak hanya sederhana dan murah, tetapi juga koordinasi keamanannya lebih mudah.

Dalam keadaan normal, proses pendistribusian tenaga listrik di *plant platemill* adalah terdiri dari dua yaitu:

- a) Bus 1 dengan level tegangan 30 KV yang digunakan untuk menyuplai beban utama

seperti *mill line, shearing & finishing line, FM top and bottom*.

- b) Bus 2 dengan level tegangan adalah sebesar 6 KV yang berfungsi sebagai penyuplai beban *Reheating Furnace, air compressor, mill line aux power, mill line aux AC power, emergency AC power*.



Gambar 6 Single line diagram plate mill line

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah perhitungan pengaturan setting rele arus lebih secara konvensional untuk mill line incoming main.

Rele FA01 No.1 Mill Line Incoming Main

Jenis rele	= GIPAM-2200FI (LS)
Kurva	= Very Inverse (VI)
Isc max 4 cycle FA01	= 18411A
Isc min 30 cycle FA01	= 15944 A
CT	= 3000/5A
FLA (arus beban penuh) / Rated Current	= 2405,6 A

Current setting IDMT (I >)

$$1,05 \times \text{FLA} \leq \text{Iset} \leq 0,8 \times \text{Isc min 30 cycle FA01}$$

$$1,05 \times 2405,6 \text{ A} \leq \text{Iset} \leq 0,8 \times 15944 \text{ A}$$

$$2525,8 \text{ A} \leq \text{Iset} \leq 12755 \text{ A}$$

Setting TAP (160% dari rated current):

$$\text{FLA} \times 1,6 \times (1/\text{CT}) = 2405,6 \times 1,6 \times (5/3000) = 6,4\text{A}$$

$$\text{Tap} = 6,4/5 = 1.28$$

Dipilih Tap = 1.0 In

$$\text{Arus aktual } I_{\text{set}} = 1.0 \times 5 \times \frac{3000}{5} = 3000 \text{ A}$$

TMS IDMT (Inverse Definite Minimum Time)

Waktu operasi yang diinginkan $t = 0,6$ detik (data di *functional description*).

$td = TMS$

$$t = \left[\frac{13,5}{\left(\frac{I_{sc \text{ max}}}{I_{set}}\right)^1 - 1} \right] \times td$$

$$0,6 = \left[\frac{13,5}{\left(\frac{18411}{3000}\right)^1 - 1} \right] \times td$$

$td = 0,23$

Sehingga *setting* TMS = 0,23 detik

Pada penelitian ini, digunakan logika *fuzzy* metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Mamdani dengan metode defuzzifikasi centroid. Karakteristik input untuk logika *fuzzy* FIS ini menggunakan variable I_{set} dan TMS yang telah dihitung secara konvensional. Sedangkan outputnya adalah waktu operasi rele atau trip time.

Variable I_{set} dan TMS pada kalkulasi konvensional adalah dengan dibuatnya semesta pembicaraan yang bertujuan untuk membatasi nilai dari setiap variable tersebut. Pada tabel 1 dapat dilihat nilai minimum I_{set} adalah 108 ampere, dan maksimum I_{set} adalah 3000 ampere. Selanjutnya terdapat 2 karakteristik *inverse* yaitu *Very Inverse* dan *Long inverse*. Karena data yang digunakan cukup banyak dengan selisih nilai ampere yang cukup besar, maka dibuat 3 program FIS, yaitu FIS untuk *Very Inverse* ampere kecil dengan nilai Batasan dibawah 0, dan batasan atas 600. Sementara itu, FIS untuk *Very Inverse* ampere besar dengan nilai batasan bawah 800, dan nilai batasan atas 3010. Sedangkan yang terakhir adalah FIS untuk *Long Inverse* dengan nilai batasan bawah 150 dan nilai batasan atas adalah 500. Untuk *membership function* tersebut diberikan parameter atau *domain fuzzy logic* seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan *setting* parameter rele

No. Panel	Feeder	Iset	TMS	t (detik) Konvensional	t (detik) Fuzzy
-----------	--------	------	-----	------------------------	-----------------

FA01	No. 1 Mill line incoming main	3000	0,23	0,6	0,586
FA02	No. 1 Reheating furnace power	1050	0,33	0,3	0,323
FA03	Mill line aux power	1050	0,36	0,3	0,323
FA04	Mill line VV power	2000	0,18	0,3	0,317
FA05	Air compressor	1200	0,25	0,3	0,326
FA06	Out of scope (vendor)				
FA07	FM field TR	336	0,21	0,3	0,319
FA08	Descalling motor power	1940	0,18	0,3	0,326
FA09	Mill line common aux ac power	900	0,41	0,3	0,323
FA21	No 1 RF drive group 1	192	0,21	0,3	0,320
FA22	No 1 RF drive group 2	156	0,21	0,3	0,317
FA23	No 1 RF aux power	300	0,4	0,6	0,591
FA24	Combustion blower	192	0,42	0,6	0,591
FA31	Mill line aux 1	300	0,40	0,6	0,591
FA32	Mill line aux 2	300	0,40	0,6	0,591
FA33	Mill line aux 3	228	0,42	0,6	0,590
FA41	A6-A12 R/T	300	0,26	0,3	0,320
FA42	A13-A19 R/T	600	0,20	0,3	0,317
FA43	FM entry drive power	600	0,20	0,3	0,317
FA44	FM delivery drive power	600	0,20	0,3	0,317
FA51	No 1 descalling pump main power	456	0,14	2sec above starting time (6sec) = 8 sec	8,01
FA52	No 2 descalling pump main power	456	0,14	2 sec above starting time (6 sec) = 8 sec	8,01
FA61	Crane	300	0,40	0,6	0,591
FA62	Cooler	150	0,45	0,6	0,591
FA63	AC power	150	0,45	0,6	0,591
FA64	Lighting	108	0,45	0,6	0,591
FC01	Air compressor incoming power	1200	0,25	0,3	22,8
FC02	No 1 air compressor 1417kw	195	0,4	2sec above starting time (21 sec) = 23 sec	22,8
FC03	No 2 air compressor 1417kw	195	0,4	2sec above starting time (21 sec) = 23 sec	22,8
FC04	No 3 air compressor 1417kw	195	0,4	2sec above starting time (21 sec) = 23 sec	22,8
FC05	No 4 air compressor 1417kw	195	0,4	2sec above starting time (21 sec) = 23 sec	22,8

Gambar 7 merupakan I_{set} membership function untuk very inverse ampere kecil. Tampak pada gambar bahwa range antara batas atas dan batas bawah adalah 0 – 600.



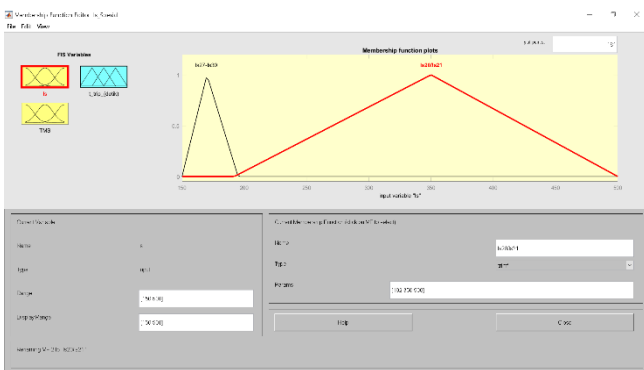
Gambar 7 I_{set} membership function (ampere kecil)

Gambar 8 merupakan Iset membership function untuk very inverse ampere besar. Tampak pada gambar bahwa range antara batas atas dan batas bawah adalah 800 – 3010.



Gambar 8 I_{set} membership function (ampere besar)

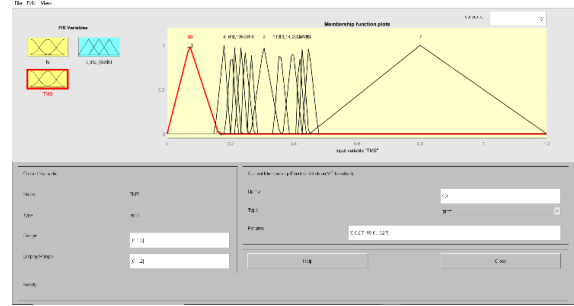
Gambar 9 merupakan Iset membership function untuk long inverse. Tampak pada gambar bahwa range antara batas atas dan batas bawah adalah 150 – 500.



Gambar 9 I_{set} membership function (long inverse)

Selanjutnya, untuk variabel input dilanjutkan dengan membuat semesta pembicaraan dari variabel TMS seperti tampak pada tabel 1. Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai minimum TMS adalah 0.18 dan maksimum TMS adalah 1.18 sehingga batasan bawah untuk TMS dibuat bernilai 0, dan batasan atas bernilai 1.2.

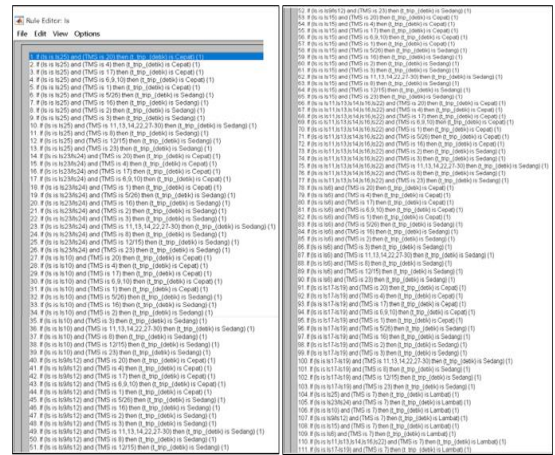
Gambar 10 menunjukkan TMS membership function dimana dapat dilihat bahwa range antara nilai tertinggi dan terendahnya adalah 0 – 1.2.



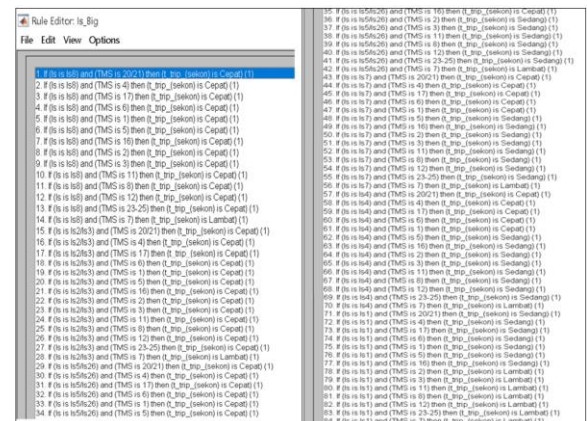
Gambar 10 TMS membership function

Rules atau aturan fuzzy digunakan dalam sistem logika fuzzy untuk dapat menyimpulkan output berdasarkan variabel input. Pada penelitian ini, rule yang digunakan untuk mencari nilai t (detik) melibatkan nilai Iset dan nilai TMS.

Pada Gambar 11 tampak FIS karakteristik Very Inverse dengan nilai ampere kecil, rule base yang digunakan adalah sebanyak 111 rules.

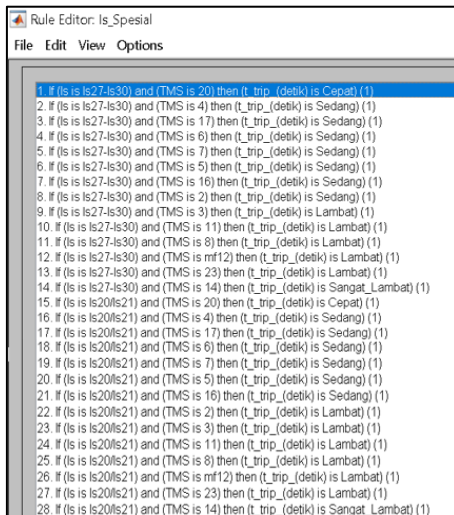


Gambar 11 Rule base ampere kecil



Gambar 12 Rule base ampere besar

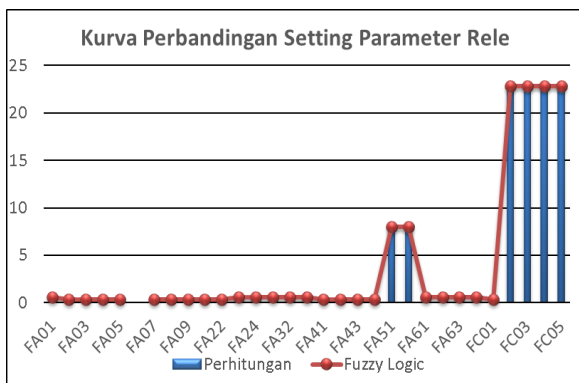
Pada Gambar 12 tampak FIS karakteristik Very Inverse dengan nilai ampere besar, rule base yang digunakan adalah sebanyak 84 rules.



Gambar 13 Rule base long inverse

Gambar 13 menunjukkan FIS karakteristik *Long Inverse*, rule base yang digunakan adalah sebanyak 28 rules.

Dari Table 1 diketahui bahwa *standard error* waktu operasi t (detik) hasil *fuzzy inference system* (FIS) terhadap waktu operasi hasil perhitungan konvensional adalah 0,0045 – 0,1. Sementara itu, selisih terkecil waktu operasi antara kedua metode adalah 0,009 detik (FA23, FA24, FA31, FA32, FA61-FA64), sedangkan selisih waktu terbesar antar metode keduanya adalah 0,2 detik (FC02 - FC05). Dari data diketahui tingkat keakuratan *fuzzy logic* terhadap perhitungan konvensional mencapai 98%.



Gambar 11 Tingkat keakuratan fuzzy logic

5 SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan konvensional dan hasil *fuzzy inference system* (FIS) terhadap parameter setting rele arus lebih, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Menentukan besaran parameter untuk *setting* rele arus lebih menggunakan *fuzzy inference system* dapat dilakukan dengan menggunakan nilai Iset dan nilai TMS (*Time Multiple Setting*) untuk mendapatkan nilai waktu operasi rele.

2. Dari pengamatan hasil perhitungan dan *fuzzy inference system* pada *setting* parameter rele arus lebih diketahui bahwa nilai waktu operasi rele dari *fuzzy logic* dengan menggunakan *fuzzy inference system* (FIS) sangat mendekati nilai hasil perhitungan sampai dengan tingkat keakuratan 98%.
3. Saat melakukan perhitungan konvensional dengan mencoba semua kemungkinan nilai Iset dan TMS seperti pada tabel 4.11 diketahui bahwa terdapat selisih nilai yang dipengaruhi oleh nilai arus gangguan (I_{sc}). Oleh karena itu saat melakukan percobaan dengan nilai Iset dan nilai TMS yang sama tapi nilai arus gangguan yang di *setting* berbeda maka akan terdapat selisih nilai waktu operasi rele antara perhitungan konvensional dan *fuzzy inference system* (FIS).

REFERENCES

- [1] O. S. Thiab, S. T. Abdulrazaaq, B. Z. A. Izham, and B. Z. A. Aidil Azwin, "Fuzzy logic overcurrent relay using sugeno technique," *Adv. Mater. Res.*, vol. 925, pp. 559–563, 2014, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.925.559.
- [2] A. A. Bin Zainul Abidin, A. K. Ramasamy, F. H. Nagi, and I. B. Z. Abidin, "Determination of overcurrent time delay using fuzzy logic relays," *2009 Innov. Technol. Intell. Syst. Ind. Appl. CITISIA 2009*, no. July, pp. 480–485, 2009, doi: 10.1109/CITISIA.2009.5224160.
- [3] E. Arohman and J. Prasetyo, "Koordinasi Rellay Pada System Kelistrikan Kapal Bulk Carrier 50.000 Dwt (Dead Weight Ton) Berbasis Anfis," *J. EECCIS*, vol. 12, no. 2, pp. 82–89, 2020, [Online]. Available: <https://www.jurnaleeccis.ub.ac.id/index.php/eccis/article/view/646%0Ahttps://www.jurnaleeccis.ub.ac.id/index.php/eccis/article/download/646/394>.
- [4] Cahayahati, Syafii, I. Darmana, and Zulwisli, "Pengembangan Sistem Proteksi Digital Arus Lebih Berbasis Logika Fuzzy Sebagai Pengaman PLTMH," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 1–7, 2013, doi: 10.20449/jnte.v2i2.68.
- [5] I. of E. and E. Engineers, "IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power System," in *IEEE Std 242-2001*, 1st ed., vol. 15, no. 2, New York, USA: IEEE, 2001, pp. 192–192.
- [6] L.-X. Wang, *A Course in Fuzzy Systems and Control*. New Jersey: Prentice Hall International, Inc, 1997.