

ANALISIS SETTING RELAY LINE DIFFERENTIAL GARDU INDUK PLTU GRESIK - WILMAR FUZZY LOGIC METHOD

Adiaz Aditya Pratito, Denny Irawan

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No 101, Gresik 61121, Jawa Timur
E-mail : adiadzaditya99@gmail.com, den2mas@umg.ac.id

ABSTRAK

Listrik sudah menjadi kebutuhan mutlak baik untuk masyarakat secara umum maupun untuk industri. Untuk menjaga keandalan dan kestabilan pendistribusian listrik PT PLN (Persero), skema pencegahan terhadap gangguan harus dilakukan. Ada 2 jenis saluran untuk pendistribusian tegangan tinggi dengan SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi) dan SKTT (Saluran Kabel Tegangan Tinggi), sedangkan sistem penyaluran transmisi antar Gardu Induk atau biasa disebut dengan *Bay Line*, masuk ke dalam *Busbar* Gardu Induk. *Busbar* adalah suatu tempat atau wadah tegangan berkumpul sebelum melewati rangkaian peralatan Gardu Induk dan mengisi beban gardu induk. Untuk pengamanan jalur yang SKTT maupun SUTT menggunakan relay differential yang mempunyai jarak < 10 km yang tertera di Surat Direksi PT PLN (Persero). Penerapan metode *Fuzzy Logic* menjamin *setting relay line differential* Gardu Induk pada nilai yang optimal. *Software* Etap 12.6 digunakan sebagai alat bantu untuk pemodelan sistem tenaga listrik yang sesuai dengan kondisi riil dan pengujian *setting relay*.

Kata Kunci: proteksi, relay, differential, fuzzy, logic

ABSTRACT

Electricity is now a necessity for the general public, both for private and public use. In maintaining reliability and stability in the distribution of electricity, PT PLN (Persero) has certainly carried out a prevention scheme against any disturbances that could occur. For the distribution of high voltage there are two methods, namely SUTT (High Voltage Air Line) and SKTT (High Voltage Cable Channel). The transmission distribution system between Substations, which can be called the Bay Line, then enters the Substation Busbar. Busbar is a place or container for the voltage to gather before passing through the substation equipment circuit and filling the substation load. To secure the SKTT and SUTT lanes, use a differential relay that has a distance of < 10 km which is stated in the Letter of the Board of Directors of PT PLN (Persero). In this research, the researcher uses the ETAP 12.6 software as a tool to conduct research.

Keywords: protection, relay, differential, fuzzy, logic

1. PENDAHULUAN

Pada era modern seperti ini, listrik sudah menjadi kebutuhan yang sangat penting untuk aktivitas sehari-hari. PLN sebagai perusahaan penyedia listrik dituntut untuk menjaga keandalan penyaluran listrik yang diproduksi oleh pembangkit (contoh: PLTU Gresik) sampai kepada pelanggan.

Proteksi merupakan suatu bentuk perlindungan terhadap peralatan listrik

yang berguna untuk menghindari kerusakan peralatan dan juga agar stabilitas penyaluran tenaga listrik tetap terjaga. Sistem proteksi dikatakan berfungsi dengan baik jika memenuhi persyaratan yaitu andal, selektif, peka, dan cepat. Bagian yang termasuk kedalam sistem proteksi adalah transformator arus (CT), transformator tegangan, *wiring* atau pengawatan, dan sumber AC/DC. *Relay line differential* bekerja tanpa koordinasi dengan relay yang lain maka dari itu

diperlukan waktu yang sangat cepat dalam mengatasi gangguan, relay *line differential* tidak dapat digunakan sebagai *backup protection* atau proteksi cadangan dan relay ini mempunyai daerah pengaman yang dibatasi oleh pemasangan trafo arus. Prinsip kerja dari relay *line differential* didasarkan atas hukum Kirchoff, yaitu arus masuk ke relay sama dengan arus keluar dari relay tersebut ($I=I_p=I_s$). Besarnya gangguan dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan dan terputusnya penyaluran daya ke konsumen .

Dalam penelitian ini penulis mengambil penelitian di Gardu Induk PLTU Gresik yang mempunyai Bay Konsumen Tingkat Tinggi, PT. Wilmar yang mendapat suplai sebesar 25 MVA. Untuk pengaman Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) menggunakan *main protection differential relay*, hal ini dikarenakan jaraknya yang dekat dengan Gardu Induk PLTU Gresik. Dalam penelitian ini, peneliti mendapatkan berbagai sumber referensi jurnal penelitian dan surat keputusan direksi PT PLN (Persero). Untuk kebutuhan analisis, pengambilan data yang dilakukan di Gardu Induk PLTU Gresik dan akan mensimulasikan di software ETAP 12.6, kemudian hasil analisis tersebut akan dibandingkan dengan *setting* yang selama ini diterapkan oleh PT PLN (Persero).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Current Transformer

Current transformer (trafo arus) adalah suatu peralatan listrik yang berfungsi sebagai alat transformasi arus listrik dari arus primer ke arus sekunder sehingga besaran arusnya berada dalam jangkauan alat ukur dan alat proteksi [6][7].

Agar sebuah *current transformer* dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan yang dibutuhkan pada sebuah jaringan sistem tenaga listrik, yaitu:

- *turns ratio* – perbandingan arus primer dengan arus sekunder.
- urden - beban normal dalam satuan

VA yang dapat *display* oleh sebuah *current transformer*.

Kesalahan arus atau kesalahan perbandingan adalah kesalahan yang ditimbulkan oleh transformer dalam melakukan pengukuran disebabkan karena adanya kenyataan bahwa aktual perbandingan transformasi adalah tidak sama dengan perbandingan transformasi pengenal (*Rated Transformation Ratio*).

$$\text{Error \%} = \frac{(K_n \times I_s) - I_p}{I_p} \times 100\%$$

2.2 Capacitive Voltage Transformator (Trafo Tegangan)

Trafo tegangan adalah peralatan listrik yang berfungsi sebagai pengubah tegangan listrik dari sisi primer ke sisi sekunder sehingga besaran tegangannya berada dalam jangkauan alat ukur dan alat proteksi.

2.3 Circuit Breaker

Circuit Breaker adalah peralatan listrik yang berfungsi sebagai pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu membuka atau menutup saat terjadi arus gangguan (hubung singkat) pada jaringan atau peralatan lain.. *Circuit Breaker* atau pemutus tenaga menggunakan beberapa media pemutus busur api. Pemutus Tenaga dapat dibagi atas beberapa jenis, antara lain berdasarkan tegangan *rating/nominal*, jumlah mekanik penggerak, media isolasi, dan proses pemadaman busur api jenis gas SF6 [6].

2.4 Catu Daya

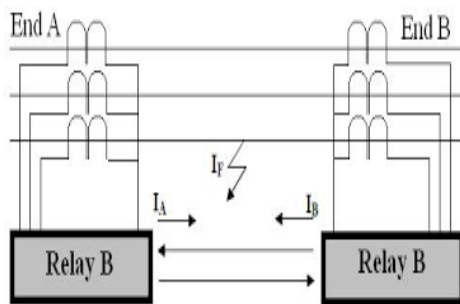
Gardu Induk (GI) pada umumnya membutuhkan sumber tenaga listrik tersendiri, seperti pada sistem proteksi, yang menggunakan catu daya dari baterai 110 VDC sebagai sumber tenaga cadangan dan sumber tenaga utama untuk *Rectifier* yang bersumber dari Trafo PS 380 yang telah dirubah menjadi 110 VDC.

2.5 Relay Line Differential

Prinsip kerja dari *Relay Line Differential* adalah dengan perbandingan arus dari *Current Transformer* sumber dengan *Current Transformer* beban. *Relay Differential Line* biasanya digunakan dengan jarak < 10 km [6][8].

Dalam penggunaan *Relay Line Differential*, parameter yang umum dipergunakan adalah:

- Nilai arus kerja minimum, merupakan setelan arus minimal yang akan mengerjakan relay pada nilai arus *restraint* = 0
- Nilai *slope*, merupakan perbandingan pertambahan nilai arus diferensial terhadap pertambahan nilai arus *restraint*.



Gambar 1. Rangkaian *Line Differential*

Perhitungan *setting Relay Line Differential* tersebut memerlukan rumus untuk mencari nilai *rasio CT* pada trafo dengan memperhitungkan nilai pada arus nominal dan arus *rating*, selanjutnya menghitung nilai *error mismatch*, menentukan arus sekunder CT, arus *differential*, arus penahan, prosentase *slope*, arus *setting*, serta perhitungan saat terjadi gangguan [2].

- Perhitungan rasio CT, pertama menentukan arus nominal dari sisi primer dan sekunder terlebih dahulu kemudian arus *rating*. Arus *rating* digunakan untuk penentuan nilai rasio CT[2][3]:

$$I_{rating} = 110 \times I_{nominal}$$

$$I_{nominal} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

- *Error Mismatch* adalah kesalahan dalam membaca perbedaan arus dan tegangan di sisi primer dan sekunder. *Error Mismatch* dapat ditentukan dengan membandingkan rasio CT ideal dengan yang ada dipasaran, dengan pertimbangan tidak melebihi 5% dari besar rasio CT yang dipilih.

$$\frac{Ratio\ CT2}{Ratio\ CT1} = \frac{V_p}{V_s}$$

$$CT1\ (ideal) = Ratio\ CT2 \times \frac{V_s}{V_p}$$

$$CT2\ (ideal) = Ratio\ CT1 \times \frac{V_p}{V_s}$$

$$Error\ mismatch = \frac{CT\ ideal}{CT\ Terpasang} \times 100\%$$

- Perhitungan Arus Sekunder CT adalah Arus sekunder CT merupakan arus keluar dari trafo arus.

$$I_s = \frac{1}{ratio\ ct} \times I_{nominal}$$

- Perhitungan Arus Diferensial adalah arus pengurangan dari sisi primer dengan sisi sekunder CT. [2][3]

$$I_{diff} = I_2 - I_1$$

- Perhitungan Arus Penahan merupakan penambahan dari hasil arus sekunder pada CT₁ dan arus sekunder pada CT₂ dibagi dengan 2

$$I_r = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

- Perhitungan Persentase *slope*, dimana pembagian nilai arus diferensial dengan nilai arus *restraint* dan menghasilkan *persentase slope*, pada *slope 1* dan *slope 2*. *Slope 1* akan menentukan arus diferensial dan *restraint* pada kondisi normal dan memastikan sensitivitas *relay* pada saat *internal fault* dengan arus gangguan yang kecil. *Slope 2* berguna supaya rele tidak kerja oleh gangguan eksternal yang berarus sangat besar sehingga salah satu CT mengalami saturasi. Di *set* dengan *slope 2* lebih dari 50 %.

$$Slope\ 1 = \frac{I_d}{I_r} \times 100\%$$

$$Slope\ 2 = \left(\frac{I_d}{I_r} \times 2\right) \times 100\%$$

- Arus *setting* adalah hasil dari nilai persentase *slope1* dikalikan dengan arus penahan.

$$I_{set} = I_{slope1} \times I_r$$

- Gangguan Hubung Singkat, ini digunakan untuk memberikan perkiraan apakah *Relay Line Differential* akan bekerja atau tidak terhadap arus gangguan yang diberikan dengan persamaan berikut :

$$I_{fault} = I_f \times Rasio\ CT$$

$$I1_{fault} = \frac{I_{fault\ relay}}{I1}$$

$$I2_{fault} = \frac{I_{fault\ relay}}{I2}$$

$$I_d = I2 - I1_{fault}$$

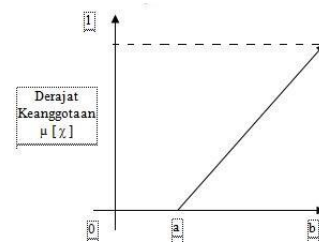
$$I_d = I2\ Fault - I1$$

2.6 Fuzzy Logic

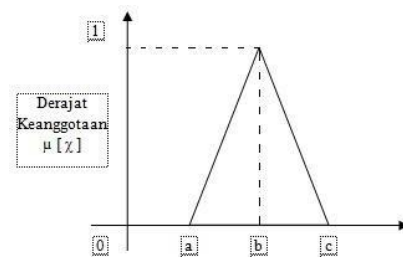
Sebuah metode yang pertama kali ditemukan oleh ilmuwan berkebangsaan Amerika pada Tahun 1965 bernama Lotfi A. Zadeh, seorang profesor dari University of California. *Fuzzy Logic* memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 (nol) hingga 1 (satu). Logika fuzzy digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (*Linguistic*). sebelum menggunakan *Fuzzy Logic* ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan terlebih dahulu:

1. Operasi Himpunan *Fuzzy*, Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama *fire strength* α -. Ada 3 operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu: AND, OR dan NOT.
2. Himpunan *Fuzzy*, nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A[x]$.
3. Fungsi keanggotaan, suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat

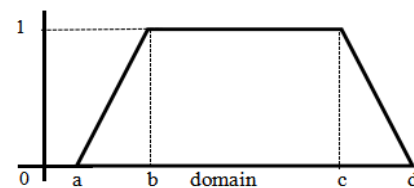
keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1.



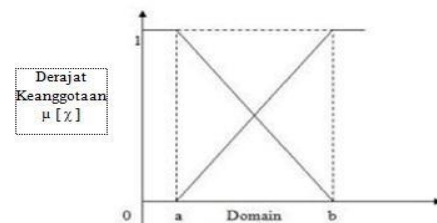
Gambar 2. Representasi Linear



Gambar 3. Representasi Kurva Segitiga



Gambar 4. Representasi Kurva Trapesium



Gambar 5. Representasi Kurva Bahu

4. Implikasi Fuzzy mempunyai dua fungsi yang dapat digunakan:

- Fungsi Minimum, adalah keputusan dengan fungsi minimum, yaitu dengan cara mencari nilai minimum berdasarkan aturan ke-i.

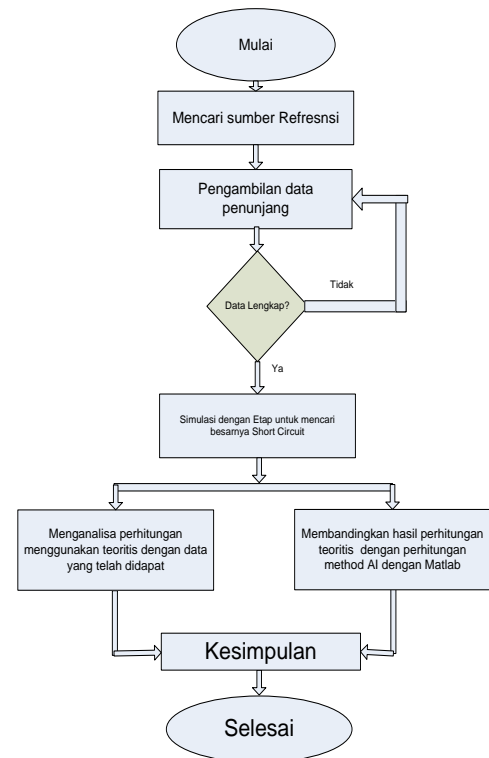
$$\alpha_i = \mu_{A_i}(x) \cap \mu_{B_i}(x) = \min\{\mu_{A_i}(x), \mu_{B_i}(x)\}$$

- Hasil kali, Pengambilan keputusan dengan fungsi hasil kali yang didasarkan pada aturan ke-i.

$$\alpha_i, \mu_{ci}(Z)$$

5. *Fuzzy Interference System*, sebuah langkah untuk menetapkan nilai keanggotaan untuk data input dan output. Sistem inferensi *Fuzzy* menerima input *Crisp*. Input ini kemudian dikirim ke basis pengetahuan yang berisi n aturan *Fuzzy* dalam bentuk IF- THEN. *Fire Strengt* akan dicari pada setiap aturan. Selanjutnya pada hasil agregasi akan dilanjutkan dengan *Defuzzy* untuk mendapatkan nilai *Crisp* sebagai *Output* sistem. . Sistem inferensi fuzzy didasarkan pada konsep penalaran monoton. Pada metode penalaran secara monoton, nilai *Crisp* pada daerah konsekuen dapat diperoleh secara langsung berdasarkan *Fire Strength* pada antesedennya. Salah satu syarat yang harus dipenuhi pada metode penalaran ini adalah himpunan *Fuzzy* pada konsekuennya harus bersifat monoton (baik monoton naik maupun monoton turun). Salah satu metode FIS yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan adalah metode *Tsukamoto*. Pada metode *Tsukamoto*, implikasi setiap aturan berbentuk implikasi "sebab-akibat"/ implikasi "Input-Output" dimana antara antesden dan konsekuen harus ada hubungannya. Setiap aturan direpresentasikan menggunakan himpunan-himpunan *Fuzzy*, dengan fungsi keanggotaan yang monoton.

3. METODE PENELITIAN



Gambar 6. Flowchart Penelitian

3.1 Studi Literatur

Memahami sistem tenaga listrik serta sistem proteksinya lebih khususnya *Relay Line Differential* yang sebagai *Main Protection* SKTT Gardu Induk PLTU Gresik - Wilmar, bagaimana menggunakan Matlab dan penggunaan *Fuzzy* sebagai algoritmanya sebagai pembanding perhitungan manual ketika terdapat suatu kasus gangguan hubung singkat.

3.2 Pengumpulan Data

Untuk metode pengumpulan data sendiri dengan melakukan wawancara langsung kepada pihak terkait yaitu *Engineer* proteksi PT PLN (Persero) ULTG Gresik dan *Engineer* Gardu Induk PLTU Gresik.

3.3 Fuzzy Logic

Himpunan *Fuzzy Logic* yang akan

digunakan, didesain sebagai berikut:

1. Himpunan *Fuzzy*

- Lokasi Gangguan, semesta pembicaraan [0-90], dengan domain [slope1= 0-30; slope2 = 30-80]
- Besarnya Idiff, semesta pembicaraan [0-80], dengan domain [idiff<Iset = 0-30; Idiff>Iset = 30-80]
- Status *relay*, semesta pembicaraan [0-100], dengan domain [tidak bekerja = 0-50; bekerja = 51-100]
- Kesimpulan, semesta pembicaraan [0-100], dengan domain [tidak handal = 0-50; handal = 51-100]

2. Nilai *Linguistic*

- Lokasi gangguan:

$$\mu \text{ Nilai lokasi Internal } [x] =$$

$$\begin{cases} 0, & x \geq 39 \\ \frac{39-x}{39-30}, & 30 < x < 39 \\ 1, & 0 \leq x \leq 20 \end{cases}$$

$$\mu \text{ Nilai lokasi Eksternal } [x] =$$

$$\begin{cases} 0, & x \leq 30 \text{ atau } x \geq 90 \\ \frac{x-30}{40-30}, & 30 \leq x < 40 \\ 1, & 40 \leq x \leq 80 \\ \frac{90-x}{90-80}, & 80 < x < 90 \end{cases}$$

- Idiff *fault*:

$$\mu \text{ Nilai kecil } [x] =$$

$$\begin{cases} 0, & x \geq 30 \\ \frac{30-x}{30-20}, & 20 < x < 30 \\ 1, & 0 \leq x \leq 20 \end{cases}$$

$$\mu \text{ Nilai besar } [x] =$$

$$\begin{cases} 0, & x \leq 20 \\ \frac{x-20}{30-20}, & 20 \leq x \leq 30 \\ 1, & 30 \leq x \leq 80 \end{cases}$$

- Status *relay*:

$$\mu \text{ Status relay tidak Bekerja} =$$

$$[x] \begin{cases} 0, & x \geq 60 \\ \frac{60-x}{60-50}, & 50 \leq x \leq 60 \\ 1, & 0 < x \leq 50 \end{cases}$$

$$\mu \text{ Status relay bekerja} =$$

$$\begin{cases} 0, & x \leq 50 \\ \frac{x-50}{60-50}, & 50 < x < 60 \\ 1, & 60 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

- Kinerja *relay*:

$$\mu \text{ kinerja relay tidak handal } [x]$$

$$\begin{cases} 0, & x \geq 60 \\ \frac{60-x}{60-50}, & 50 \leq x \leq 60 \\ 1, & 0 \leq x \leq 50 \end{cases}$$

$$\mu \text{ kinerja relay handal } [x] =$$

$$\begin{cases} 0, & x \leq 51 \\ \frac{x-50}{60-50}, & 51 < x < 60 \\ 1, & 60 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

3. *Interference Engine*

- Ketika lokasi gangguan “Eksternal”, besarnya gangguan “lebih kecil” dari Iset dan *relay* “tidak bekerja” maka kesimpulannya *relay* bekerja dengan “baik”.
- Ketika lokasi gangguan “Eksternal”, besarnya gangguan “lebih kecil” dari Iset dan *relay* “bekerja” maka kesimpulannya *relay* bekerja dengan “tidak baik”
- Ketika lokasi gangguan “Eksternal”, besarnya gangguan “lebih besar” dari Iset dan *relay* “tidak bekerja” maka kesimpulannya *relay* bekerja dengan “baik”.
- Ketika lokasi gangguan “Eksternal”, besarnya gangguan “lebih besar” dari Iset dan *relay* “bekerja” maka kesimpulannya *relay* bekerja dengan “tidak baik”
- Ketika lokasi gangguan “Internal”, besarnya gangguan “lebih kecil” dari Iset dan *relay* “bekerja” maka kesimpulannya *relay* bekerja dengan “tidak baik”
- Ketika lokasi gangguan “Internal”, besarnya gangguan “lebih besar” dari Iset dan *relay* “tidak bekerja” maka kesimpulannya *relay* bekerja dengan “baik”
- Ketika lokasi gangguan “Internal”, besarnya gangguan “lebih besar” dari Iset dan *relay* “tidak bekerja” maka kesimpulannya *relay* bekerja dengan “tidak baik”
- Ketika lokasi gangguan “Internal”, besarnya gangguan “lebih kecil” dari

Isett dan *relay* “tidak bekerja” maka kesimpulannya *relay* bekerja dengan “baik”

4. Fungsi Implikasi

- $\alpha_1 = \min \{ \mu_{eksternal}(X), \mu_{lebih\ kecil}(X), \mu_{tidak\ bekerja}(X) \}$
- $\alpha_2 = \min \{ \mu_{eksternal}(X), \mu_{lebih\ kecil}(X), \mu_{bekerja}(X) \}$
- $\alpha_3 = \min \{ \mu_{eksternal}(X), \mu_{lebih\ besar}(X), \mu_{tidak\ bekerja}(X) \}$
- $\alpha_4 = \min \{ \mu_{eksternal}(X), \mu_{lebih\ besar}(X), \mu_{bekerja}(X) \}$
- $\alpha_5 = \min \{ \mu_{internal}(X), \mu_{lebih\ kecil}(X), \mu_{bekerja}(X) \}$
- $\alpha_6 = \min \{ \mu_{internal}(X), \mu_{lebih\ besar}(X), \mu_{bekerja}(X) \}$
- $\alpha_7 = \min \{ \mu_{internal}(X), \mu_{lebih\ besar}(X), \mu_{tidak\ bekerja}(X) \}$
- $\alpha_8 = \min \{ \mu_{internal}(X), \mu_{lebih\ kecil}(X), \mu_{tidak\ bekerja}(X) \}$

5. Defuzzifikasi

- Nilai defuzzifikasi terdapat 2 kondisi, Pada *rule* yang pertama memiliki *output* “tidak baik” dapat digunakan apabila nilai $m=a$.

$$\begin{aligned} \text{crisp} &= \mu_i * (b-n) + b; \\ \text{Center Persegi} &= a + ((\text{crisp} - a) / 2); \\ \text{Luas Persegi} &= (\text{crisp} - a) * x; \\ \text{Center Segitiga} &= ((b - \text{crisp}) / 3) + \text{crisp}; \\ \text{luasSegitiga} &= (b - \text{crisp}) * x / 2 \end{aligned}$$

- Pada *rule* yang kedua memiliki *output* “baik” dapat menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{crisp} &= -(\mu_i * (m-a) - m); \\ \text{centerPersegi} &= \text{crisp} + ((b - \text{crisp}) / 2); \\ \text{luasPersegi} &= (b - \text{crisp}) * x \\ \text{centerSegitiga} &= (2 * (\text{crisp} - a) / 3) + a; \\ \text{luasSegitiga} &= (\text{crisp} - a) * x / 2 \end{aligned}$$

4. PENGUJIAN DAN ANALISA

Besar arus gangguan ditentukan dengan

perhitungan manual dan menggunakan *Software* ETAP 12.6 dan penggunaan *Fuzzy Logic* untuk pengambilan keputusan.

1. Simulasi Etap 12.6

SKTT Gardu Induk PLTU – Wilmar memiliki kontrak daya sebesar 50 MVA. Penggunaan *software* ini digunakan untuk mensimulasi besarnya arus gangguan yang dapat terjadi di jalur tersebut dan bagaimana kinerja relay sesuai dengan tugasnya. Dalam simulasi ini mempunyai besarnya arus gangguan sebesar 22,68 kA.

2. Perhitungan Manual

$$\begin{aligned} I_{nominal} &= 192,45 \text{ A} \\ I_{rating} &= 211,70 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CT1 (ideal) &= Ratio CT2 \times \frac{V_s}{V_p} \\ &= 300 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CT2 (ideal) &= Ratio CT1 \times \frac{V_p}{V_s} \\ &= 400 \text{ A} \end{aligned}$$

$$Error\ mismatch\ 1 = 0,75\%$$

$$Error\ mismatch\ 2 = 1,33\%$$

$$I_s\ 1 = \frac{1}{ratio\ ct} \times I\ nominal = 0,48 \text{ A}$$

$$I_s\ 2 = \frac{1}{ratio\ ct} \times I\ nominal = 0,64 \text{ A}$$

$$Idiff = I_s\ 2 - I_s\ 1 = 0,16 \text{ A}$$

$$I_r = \frac{I_1 + I_2}{2} = 0,56 \text{ A}$$

$$Slope\ 1 = \frac{I_d}{I_r} \times 100\% = 0,286\%$$

$$Slope\ 2 = 0,571\%$$

$$I_{sett} = I_{slope1} \times I_r = 0,16 \text{ A}$$

Tabel 1. Perbandingan data lapangan dengan perhitungan manual

	Data	Manual
Slope1	0,3	0,28
Slope 2	0,8	0,57
Isett	0,2	0,16

$$I_{faultrelay} = 22680 \times \frac{1}{300} = 75,6 \text{ A}$$

$$I_s \text{ 1fault} = \frac{75,6}{0,48} = 118,25 \text{ A}$$

$$I_d = 157,5 - 0,48 = 157,02 \text{ A}$$

Dari hasil perhitungan di atas bahwa ketika terjadi gangguan di bus Wilmar sebesar 22,68 kA, *Relay Line Differential* pada Gardu Induk PLTU Gresik membaca arus sebesar 157,02 A. Hal ini yang akan membuat relay memerintah Pemutus Tenaga / *Circuit Breaker* pada Bay Wilmar untuk *Trip* guna kepentingan sistem, peralatan, dan lingkungan. Sedangkan untuk batas arus ketika *relay* pada sisi Gardu Induk PLTU Gresik mulai bekerja adalah:

$$I_p 1 = 0,48 \times 400 \text{ A} = 192 \text{ A}$$

c. *Fuzzy Logic*

Tabel 2. Input *Fuzzy Logic*

Lokasi Gangguan	<i>Short Circuit</i>	Kinerja Relay
Internal: 20	Idiff > Isett: 157 A	Bekerja: 80

Tabel di atas merupakan data input *fuzzy logic* yang berasal dari software Etap dan perhitungan manual dalam mencari *setting relay line differential*.

- $\alpha_1 = \min \{0,1,0\} = 0$
- $\alpha_2 = \min \{0,0,0\} = 0$
- $\alpha_3 = \min \{0,1,1\} = 0$
- $\alpha_4 = \min \{0,0,1\} = 0$
- $\alpha_5 = \min \{1,0,0\} = 0$
- $\alpha_6 = \min \{1,1,1\} = 1$
- $\alpha_7 = \min \{1,1,0\} = 0$
- $\alpha_8 = \min \{1,0,1\} = 0$

Setelah mendapatkan nilai implikasi pada setiap rule, maka selanjutnya proses defuzzifikasi pada setiap rule dan akan dilakukan rata-rata terpusat.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. *Setting Relay Line Differential* pada Bay Wilmar di Gardu Induk PLTU

Gresik yang diterapkan selama ini sesuai dengan hasil penelitian.

2. Penggunaan *Fuzzy Logic* pada pengambilan keputusan *Relay Line Differential* ketika relay mengalami gangguan besar dan lokasinya berada di lingkup *relay* sudah optimal dan sesuai dengan perhitungan manual.

5.2 SARAN

1. Perlunya peningkatan dalam pemeliharaan peralatan agar dapat menjaga peralatan bekerja sebagaimana fungsinya.
2. Dilakukan *assesment* peralatan secara periodik guna menghindari peralatan *breakdown* terlebih dahulu sehingga menimbulkan gangguan sistem.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muharam M. Rizki, "Analisa Performa Relay Differential Transformator Pada Gardu Induk Cilegon Lama," Skripsi Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [2] Primawati Era, "Analisa Pengaturan Proteksi Relay Differential Pada Trafo III Pada Gardu Induk Banyudono 150/22 KV," Skripsi Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019.
- [3] Hariyono Dedy, "Analisa Proteksi Relay Differential terhadap gangguan Eksternal Transformator," Skripsi Institute Teknologi Medan, 2019
- [4] Wijanarko Danang, "Analisa Penggunaan Relay Differential Sebagai Proteksi Pada Transformator 60 MVA di Gardu Induk Palur," Skripsi Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2018.
- [5] Yusmartato, Ramayulis Nasution, dan Armansyah, "Menentukan Setting Relay Differential Pada Busbar di Gardu Induk Paya Pasir Medan," Skripsi Universitas Islam Sumatra Utara, 2019.
- [6] Azniza Ahmad, Mohammad Lufti Othman, Kurreemun Khudsiya Bibi Zainab, Hashim Hizam1, Norhafiz Azis. "Adaptive ANN based differential protective relay for reliable power

- transformer protection operation during energisation”. Universiti Putra Malaysia, 2019
- [7] Ahmed Abdulkader Aziz, Abduladhem Abdulkareem Ali, Abbas H. Abbas.” Power Transformer Protection by Using Fuzzy Logic”. University of Basrah, 2009
- [8] Y Mulyadi, T Sucita, Sumarto and M Alpani.” Reliability Analysis of Differential Relay as Main Protection Transformer Using Fuzzy Logic Algorithm”. Universitas Pendidikan Indonesia. 2017
- [9] Surat Keputusan Direksi PT PLN (Persero) “Buku Pedoman Pemeliharaan” No.0520.K/DIR/2014
- [10] Tobing, Bonggas L.2012.”Peralatan Tegangan Tinggi Edisi Dua”.Jakarta: Erlangga
- [11] IEC 60255-13 Electrical relays - Biased (percentage) differential relays. 1980
- [12] Setyawan Agung dan Budi Yanto.2018.”Logika Fuzzy dengan matlab”.Bali : Jayapangus Pres