

PEMANFAATAN RELE DISTANCE NUMERIK SEBAGAI PENGGANTI RELE DISTANCE ELEKTROSTATIS PADA GARDU INDUK MEKARSARI

Fathoni Dianata¹⁾, Abdul Multi²⁾

Teknik Elektro, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta, Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan, 12630

¹⁾ fathonidianata@gmail.com , ²⁾ amulti@isitn.ac.id

Abstrak

Prinsip dasar suatu rele adalah sebagai pengaman pada sistem tenaga listrik, bagaimana cara rele bekerja dengan baik, cepat, dan tepat agar gangguan pada sistem tenaga listrik tidak meluas. Rele Distance pada penghantar 150 kV yang masih menggunakan rele distance elektrostatis hanya sebagai proteksi pada sistem penghantar tenaga listrik saja, sedangkan pada rele distance numerik selain berfungsi sebagai proteksi pada sistem penghantar tenaga listrik juga terdapat banyak fitur yang dapat mendukung dalam berbagai kejadian gangguan, seperti fault locator, Disturbance Fault Recorder, remote reading, configure logic, configure binary input dan binary output serta dapat terintegrasi dengan sistem automation untuk mendukung perusahaan industry berbasis 4.0.

Dalam proses penggantian rele distance elektrostatis ke rele numerik ada beberapa parameter yang harus diperhatikan. Parameter-parameter tersebut digunakan untuk menentukan parameter setting, input setting, mengubah design wiring yang sesuai dengan connection diagram rele distance numerik, design logic untuk kebutuhan fungsi dan fitur-fitur rele distance numerik. Semuanya itu dilakukan oleh software program rele distance numerik.

Setelah penggantian rele tersebut, maka diharapkan keandalan pada sistem proteksi dapat menjadi lebih baik. Hal ini dapat dicapai dengan fitur dan fungsi dari rele distance numerik yang dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan sistem tenaga listrik dan juga fitur disturbance fault recorder. Selain itu dapat digunakan juga untuk menganalisa gangguan yang terjadi pada penghantar listrik 150 kV.

Kata Kunci: Rele, Proteksi, Numerik, Gardu Induk Listrik

Abstract

The basic principle of a relay is as a protection equipment in the electric power system, how the relay works properly, quickly, and precisely so that a fault in the electric power system will not spread. The distance relay on the 150 kV conductor that still uses the electrostatic distance relay only as a protection for the electric power system conductor, while the numerical distance relay not only serves as protection for the electric power system conductor, but also has many features that can support various faults, such as fault locator, disturbance Fault Recorder, remote reading, configure logic, configure binary input and binary output and can be integrated with automation system to support the 4.0-based industry.

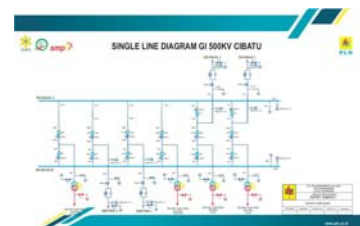
In the process of replacing the electrostatic distance relay with the numeric relay, there are several parameters that must be considered. Those parameters used for determining the parameter settings, input settings, the change of wiring design associated with the numerical distance relay diagram connection, design logic for numerical relay distance functions and features, and all are carried out by numeric distance relay program software.

After replacing the relay, it is expected that the reliability of the protection system will be better. It can be achieved by the features and functions of the numerical distance relay that can work in accordance with the needs of the electric power system and also a disturbance fault recorder feature. Besides that it can also be used to analyze the faults that occur in a 150 kV electric conductor.

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

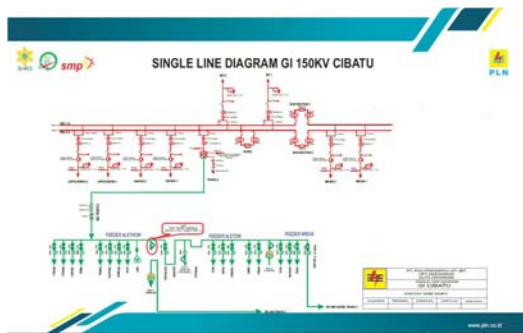
Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi Cibatu merupakan salah satu gerbang pemasok listrik untuk sebagian wilayah Bekasi, Cikarang dan Karawang. Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi Cibatu memiliki 6 diameter 500 kV. Single line Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Single Line Diagram 500 kV GITET Cibatu

Pada single line 500 kV Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi Cibatu terdapat 6 diameter diantara lain adalah diameter 1 terdapat bay penghantar dari GITET Deltamas 1 dan untuk interbus transformer 1, diameter 2 terdapat bay penghantar GITET Deltamas 2 dan untuk interbus transformer 2, diameter 3 untuk interbus transformer 3, diameter 4 terdapat bay penghantar dari GITET Muaratawar 1, diameter 5 terdapat bay penghantar dari GITET Muaratawar 2, dan diameter 6 untuk interbus transformer 4.

Sedangkan Gardu Induk Cibatu memiliki 19 bay 150 kV. Berikut single line diagram untuk 150 kV Cibatu.



Gambar 2 Single Line Diagram 150 kV GITET Cibatu

Pada single line 150 kV Gardu Induk Tegangan Tinggi Cibatu terdapat 22 Bay diantara lain adalah 10 bay penghantar, 8 bay trafo, 2 bay kopel, dan 2 bay bus seksi.

Pada umumnya proteksi distance adalah sebagai proteksi utama dalam bay penghantar baik 150 kV maupun 500 kV, namun pada rele proteksi distance numerik dapat memiliki banyak fitur yang mendukung dalam proses penyaluran system tenaga listrik.

Syarat suatu rele proteksi dikatakan layak adalah dapat bekerja dengan sensitive, selektif, andal, dan efisien. Dan rele distance yang berfungsi sebagai proteksi utama dalam bay penghantar harus memenuhi syarat-syarat rele proteksi.

Rele Distance numerik akan menjadi rele proteksi pada bay penghantar yang mengganti dai rele distance elektrostatis yang dapat diimplementasikan ke gardu induk pada bay penghantar untuk melindungi apabila terjadi gangguan pada saluran transmisi agar gangguan tidak meluas.

Karena hal tersebut, penulis hendak menganalisa dan merancang system proteksi rele distance numerik agar selain berfungsi untuk memproteksi pada bay penghantar tetapi juga dapat memiliki banyak fitur yang sangat mendukung dalam proses system penyaluran tenaga listrik.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka didapatkan perumusan masalah, yaitu:

1. Bagaimana pemanfaatan fitur rele distance numerik dalam mendukung proses system penyaluran tenaga listrik

2. Bagaimana desain wiring diagram dalam penggunaan rele distance numerik
3. Bagaimana desain logic yang akan diterapkan dalam penggunaan rele distance numerik

Batasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan pembahasan, maka masalah dibatasi pada:

1. Penggantian rele elektrostatis menjadi rele numerik
2. Fitur yang dibuat adalah system logic dan pemanfaatan fitur disturbance fault recorder
3. Penelitian dan perancangan dilakukan di Gardu Induk Cibatu 150 kV (PT.PLN (Persero))
4. Beban bay penghantar yang akan digunakan adalah bay penghantar ke Gardu Induk Mekarsari 150 kV (PT.PLN (Persero))

Tujuan Penelitian

Penelitian atau kajian ini memiliki tujuan :

- Analisa keandalan system proteksi bay penghantar 150 kV
- Pembuatan design wiring dan logic dalam pemanfaatan rele distance numeric
- Penggunaan fitur disturbance fault recorder pada rele distance numerik

Manfaat Penelitian

Penelitian atau kajian ini memiliki Manfaat :

- Memanfaatkan fitur rele distance numerik untuk keandalan system penyaluran tenaga listrik dan dalam menganalisa gangguan
- Perusahaan mendukung dalam program industry 4.0
- Menambah efisiensi dari segi penormalan apabila terjadi gangguan

II. Metodologi Penelitian

Subjek Penelitian dan Data Penelitian

1. Metodologi Penelitian

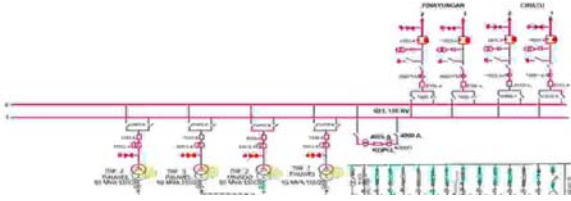
Metode yang digunakan oleh penyusun dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Studi pustaka, yaitu dengan cara mencari, mempelajari dan mengkaji teori-teori yang mendukung dan berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan. Teori tersebut diperoleh dari jurnal ilmiah, hasil penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya dan berbagai buku referensi yang mendukung dalam penelitian ini.
- b. Observasi Langsung, yaitu dengan cara mengumpulkan data-data yang diperoleh di lapangan yang diperlukan untuk menunjang penelitian. Data ini diperoleh dari trending gangguan, dan trending durasi penormalan apabila terjadi gangguan.

2. Data Penelitian

a. Single Line Diagram Gardu Induk Mekarsari

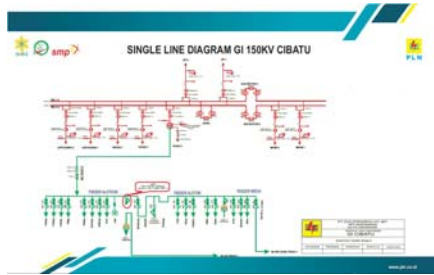
Gardu Induk Mekarsari memiliki empat bay penghantar 150 kV, 3mpat bay trafo 60 MVA dan satu bay kopel. Berikut single line diagram 150 kV Gardu Induk Mekarsari.



Gambar 3 Single Line Diagram Gardu Induk Mekarsari

b. Single Line Diagram Gardu Induk Cibatu

Gardu Induk Tegangan Tinggi Cibatu terdapat 22 Bay diantara lain adalah 10 bay penghantar, 8 bay trafo, 2 bay kopel, dan 2 bay bus seksi. Berikut single line diagram 150 kV Gardu induk Cibatu



Gambar 4 Single Line Diagram Gardu Induk Cibatu

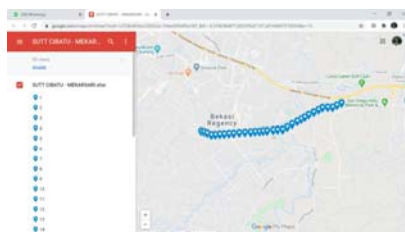
c. Data Merk Rele dan Peta letak tower

● Rele Distance Elektrostatis (Eksisting)

Merk : GEC
Type : SHPM101
I Nominal : 1 A
No Seri : 681913 D

● Rele Distance Numerik

Merk : Alsthom
Type : Micom P442
I Nominal : 1 A
No Seri : 32593608/07/13



Gambar 5 Denah peta tower transmisi penghantar Cibatu-Mekarsari.

Berdasarkan data tower transmisi diatas untuk penghantar Cibatu - Mekarsari panjang saluran transmisi yaitu 18,10 KMS dengan jumlah tower sebanyak 32 tower.

d. Data Setting Rele Distance Elektrostatis

Data setting distance rele elektrostatis dibutuhkan sebagai perbandingan dengan hasil untuk perhitungan rele distance numerik. Berikut data setting rele distance elektrostatis.

1. Proteksi : Bay Cibatu
2. Data Teknis Rele Distance
 - Merk : GEC
 - Type : SHPM 101
 - Karakteristik : Mho
 - I Nominal : 1 A
 - No Seri : 681913 D
 - Autoreclose
 - Merk : GEC Alsthom
 - Type : MVTR 01 D
 - No Seri : 681968 D
 - Synchro Check
 - Merk : GEC Alsthom
 - Type : MAVS 01 D
 - No Seri : 682066 D
3. SUTT
 - Konduktor : 2xZebra
 - CCC : 1620 A
 - Bundle
 - R1 : 0,0387
 - X1 : 0,2807
 - Panjang : 9,05 kmr
 - Penampang : 484,5mm²
4. Pola PMT
 - 1 pole
 - Pola Operasi : SPAR / TPAR
5. Ratio CT : 1600 / 1 A
6. Ratio CVT : 150000 / 100 V
7. Tap Setting
 - Zona 1
 - K1 = 2
 - K2 = 0,2
 - K11 = 1
 - K12 = 0
 - K13 = 0
 - K14 = 1
 - K15 = 1
 - Zona 2
 - K21 = 2
 - K22 = 0
 - K24 = 1
 - Zona 3
 - K31 = 3
 - K33 = 1
 - Zona 3 reverse
 - K35 = 1
 - K36 = 0
 - K37 = 0,25
- SW1 = KR
- SW2 = KN
- SW3 = KN

SW4 = KN
SW5 = KR
SW6 = KR
SW7 = KR
SW8 = KR
SW9 = KN
t1 : Instant
t2 : 500 ms
t3 : 1600 ms

Pola Proteksi

Shoot Mode : P-N/P-P
Dead Time 1P : 1 dtk
Dead Time 3P : 5 dtk
Reclaim Time : 40 dtk
Pole Discrepancy : SPAR
t Discrepancy : 1,5 dtk

Vn : 63,5 V

Vs : 80% Vn

t : 0,5 dtk

DL/LB = In

LL/DB = In

8. Aktual Setting Primer

Z1 = 2,063 Ω
Z2 = 4,125 Ω
Z3 = 7,22 Ω
Z3' = 0,515 Ω

3. Tempat Penelitian

Subjek penelitian adalah lokasi tempat penelitian yang menjadi bahan untuk penelitian ini. Dalam penelitian ini subjek nya adalah pada PT.PLN (Persero) yaitu Gardu Induk Mekarsari sebagai lokasi pemasangan rele distance numerik, Gardu Induk Cibatu sebagai bay penghantar 150 kV yang akan menjadi ruas penghantar untuk diproteksi, Gardu Induk Cileungsi sebagai bay untuk penentuan setting zona 2, dan Gardu Induk Juishin sebagai bay untuk penentuan zona 3.

4. Tahap Pengukuran

Pengukuran Panjang saluran transmisi, beban penghantar, Gardu Induk Cibatu bay Mekarsari dilakukan dengan menggunakan data dan indikator-indikator yang sudah terpasang, sehingga yang dilakukan adalah pengambilan data-data yang sudah terecord.

5. Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung setting proteksi
2. Mendesain wiring rele distance numerik
3. Mendesain logic rele distance numerik
4. Analisa dan simulasi gangguan untuk mengetahui efisiensi waktu penormalan gangguan

6. Desain Penelitian

Desain Penelitian merupakan langkah kerja yang dibuat oleh peneliti untuk melaksanakan penelitian sehingga dapat dilaksanakan dengan baik dan skematik.

1. Tahap Persiapan.

Tahap awal dalam melakukan penelitian ini adalah tahapan persiapan. Dalam tahapan ini peneliti merencanakan dan membuat penjadwalan mengenai hal-hal yang harus dipersiapkan. Hal pertama yang akan diteliti adalah menentukan permasalahan dan potensi yang akan diteliti dan kemudian mengajukan rancangan penelitian dalam bentuk proposal penelitian. Dalam hal ini adalah memanfaatkan fitur rele distance numerik yang akan dipasang sebagai proteksi bay penghantar 150 kV.

2. Tahap Pelaksanaan.

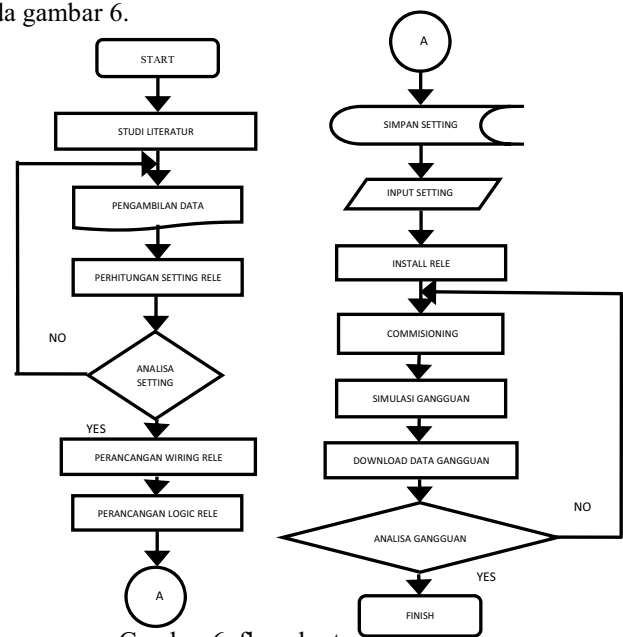
Tahap ini adalah tahap dimana peneliti memulai untuk melakukan penelitian. Hal yang dilakukan peneliti adalah studi pustaka, pengukuran dan pengambilan data, mendesain, melakukan simulasi dan implementasi

3. Tahap Penyelesaian dan Pelaporan

Tahap penyelesaian merupakan tahap akhir dalam melakukan penelitian, dimana peneliti memulai untuk mengolah data yang telah diperoleh. Selanjutnya peneliti menyusun hasil pengolahan data dan hasil perancangan simulasi dan implementasi serta membuat kesimpulan berdasarkan hasil yang telah dilakukan.

7. Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian tentu perlu diperhatikan. Langkah yang sistematis akan memberikan arahan dalam proses pengerjaan dan dapat memudahkan dalam proses pemahaman dari tujuan yang diinginkan. Berikut merupakan langkah-langkah penelitian dalam bentuk diagram alir (*Flowchart*). Diagram alir ditunjukkan pada gambar 6.

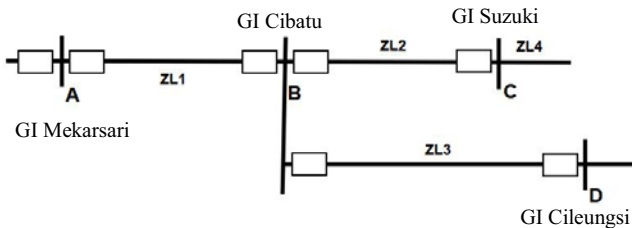


Gambar 6. flowchart penelitian

Perhitungan dan Analisa

1. Perhitungan Setting

Perhitungan setting diperlukan untuk mendapatkan nilai setting zona 1, zona 2, dan zona 3 yang akan menjadi input parameter rele distance numerik. Jangkauan setelan zona proteksi ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Jangkauan setelan zona proteksi

Impedansi Urutan Positif

- Terdiri dari 3 phasa masing-masing phasor mempunyai besaran yang sama dan setiap positif diberi notasi 1 : a1, b1 dan c1.
- Beda sudut antar phasor adalah 120°
- Mempunyai urutan phasa yang sama dengan phasor aslinya, yaitu berlawanan dengan arah jarum jam

Impedansi Urutan Negatif

- Terdiri dari tiga phasa masing-masing phasor mempunyai besaran yang sama dan setiap phasa diberi notasi 2 : a2, b2 dan c2.
- Beda sudut antar phasor adalah 120°
- Mempunyai urutan phasa yang berlawanan arah dengan phasor aslinya.

Impedansi Urutan Nol

- Terdiri dari 3 phasa masing-masing phasor mempunyai besaran yang sama dan setiap phasa diberi notasi 0 : a0, b0 dan c0.
- Antara phasor satu dengan phasor lainnya tidak terdapat perbedaan sudut.

Mutual Impedansi

- Fenomena MUTUAL IMPEDANSI timbul akibat pengaruh kopling inductive antara 2 sirkit dengan jarak tertentu.
- Besaran mutual impedansi dapat dihitung dan bervariasi tergantung :
 - Tegangan sistem
 - Konfigurasi tower dan konduktor
 - Panjang dan Konfigurasi Saluran
 - Pola operasi

**PERHITUNGAN SETELAN RELAI JARAK SUTT
150 KV**

GI MEKARSARI - CIBATU

1. Data SUTT 150 kv

1.1 GI Meksarsari - Cibatu

Penghantar Meksarsari - Cibatu sebagai data untuk penentuan zona 1.

$$a_1 = -0,5 + 0,5 \cdot j \cdot \sqrt{3}$$

Jenis penghantar OHL-150 kV-ZEBRA 2 X 484,5mm (1620A)
CCC = 1620

$$L_1 = 9,05 \text{ km}$$

$$R_{L_{11}} = 0,0387$$

$$X_{L_{11}} = 0,2807 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Impedansi Urutan Positif

$$Z_{L_{11}} = (R_{L_{11}} + j \cdot X_{L_{11}}) \cdot L_1$$

$$Z_{L_{11}} = 0,35 + 2,54i \ \Omega \quad |Z_{L_{11}}| = 2,564 \ \Omega$$

$$\theta_{ph1} = \arg(Z_L) \cdot k^{-1} \quad \theta_{ph1} = 82,15 \ \text{deg}$$

Impedansi Urutan Nol

$$R_{L_{10}} = 0,15 + R_{L_{11}} \quad R_{L_{10}} = 0,189 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X_L = 3 \cdot X_{L_{11}} \quad X_{L_{10}} = 0,842$$

$$Z_{L_{10}} = (R_{L_{10}} + j \cdot X_{L_{10}}) \cdot L_1$$

$$Z_{L_{10}} = 1,708 + 7,621i \ \Omega \quad |Z_{L_{10}}| = 7,81 \ \Omega$$

$$\theta_{N1} = \arg(Z_{L_{10}}) \cdot k^{-1} \quad \theta_{N1} = 77,37 \ \text{deg}$$

Mutual Impedansi

$$R_{L_{1m}} = 0,088 \quad X_{L_{1m}} = 0,412 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$Z_{L_{1m}} = (R_{L_{1m}} + j \cdot X_{L_{1m}}) \cdot L_1$$

$$Z_{L_{1m}} = 0,796 + 3,729i \ \Omega$$

1.2 Cibatu - Suzuki

Penghantar Cibatu - Suzuki sebagai data untuk penentuan zona 2 minimum. Karena penghantar suzuki adalah jarak penghantar terpendek dari Gardu Induk Cibatu.

Jenis Penghantar CAB-150kV-CU 1000mm (1150A)

$$L_2 = 2,6 \text{ km}$$

$$R_{L_{21}} = 0,0224$$

$$X_{L_{21}} = 0,104 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Impedansi Urutan Positif

$$Z_{L_{21}} = (R_{L_{21}} + j \cdot X_{L_{21}}) \cdot L_2$$

$$Z_{L_{21}} = 0,058 + 0,27i \ \Omega \quad |Z_{L_{21}}| = 0,277 \ \Omega$$

$$\theta_{ph2} = \arg(Z_L) \cdot k^{-1} \quad \theta_{ph2} = 77,845 \ \text{deg}$$

Impedansi Urutan Nol

$$R_{L_{20}} = 0,15 + R_{L_{21}} \quad X_{L_{21}} = 3 \cdot X_{L_{21}}$$

$$Z_{L_{20}} = (R_{L_{20}} + j.X_{L_{20}}).L_2$$

$$Z_{L_{20}} = 0,448 + 0,811i \Omega \quad |Z_{L_{20}}| = 0,927 \Omega$$

$$\theta_{N2} = \arg(Z_{L_{20}}).k^{-1} \quad \theta_{N2} = 61,077 \text{ deg}$$

1.3 Cibatu - Cileungsi

Penghantar Cibatu - Cileungsi sebagai data untuk penentuan zona 2 maksimum. Karena penghantar cileungsi adalah jarak penghantar terpanjang dari Gardu Induk Cibatu.

Jenis Penghantar OHL-150 kV-ZEBRA 2 X 484,5mm (1620A)

$$L_3 = 16,24 \text{ km}$$

$$R_{L_{31}} = 0,0387$$

$$X_{L_{31}} = 0,2807 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Impedansi Urutan Positif

$$Z_{L_{31}} = (R_{L_{31}} + j.X_{L_{31}}).L_3$$

$$Z_{L_{31}} = 0,628 + 4,559i \Omega \quad |Z_{L_{31}}| = 4,602 \Omega$$

$$\theta_{ph3} = \arg(Z_{L_{31}}).k^{-1} \quad \theta_{ph3} = 82,15 \text{ deg}$$

Impedansi Urutan Nol

$$R_{L_{30}} = 0,15 + R_{L_{31}} \quad X_{L_{30}} = 3.X_{L_{31}}$$

$$Z_{L_{30}} = (R_{L_{30}} + j.X_{L_{30}}).L_3$$

$$Z_{L_{30}} = 3,064 + 13,676i \Omega \quad |Z_{L_{30}}| = 14,015 \Omega$$

$$\theta_{N3} = \arg(Z_{L_{30}}).k^{-1} \quad \theta_{N3} = 77,37 \text{ deg}$$

1.4 Cileungsi - Juishin

Penghantar Cileungsi - Juishin sebagai data untuk penentuan zona 3 minimum. Karena penghantar Juishin adalah jarak penghantar terendek dari Gardu Induk Cileungsi.

Jenis Penghantar OHL-150 kV-ZEBRA 2 X 484,5mm (1620A)

$$L_4 = 18,56 \text{ km}$$

$$R_{L_{41}} = 0,0387$$

$$X_{L_{41}} = 0,2807 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Impedansi Urutan Positif

$$Z_{L_{41}} = (R_{L_{41}} + j.X_{L_{41}}).L_4$$

$$Z_{L_{41}} = 0,718 + 5,21i \Omega \quad |Z_{L_{41}}| = 5,259 \Omega$$

$$\theta_{ph4} = \arg(Z_{L_{41}}).k^{-1} \quad \theta_{ph4} = 82,15 \text{ deg}$$

Impedansi Urutan Nol

$$R_{L_{40}} = 0,15 + R_{L_{41}} \quad X_{L_{40}} = 3.X_{L_{41}}$$

$$Z_{L_{40}} = (R_{L_{40}} + j.X_{L_{40}}).L_4$$

$$Z_{L_{40}} = 3,502 + 15,629i \Omega \quad |Z_{L_{40}}| = 16,017 \Omega$$

$$\theta_{N4} = \arg(Z_{L_{40}}).k^{-1} \quad \theta_{N4} = 77,37 \text{ deg}$$

2. Impedansi Trafo GI Cibatu (pilih impedansi terkecil)

Impedansi trafo dari Gardu Induk Lawan dipilih yang paling terkecil agar apabila terjadi gangguan pada trafodi Gardu Induk Lawan tidak menyebabkan rele distance bekerja zona 2.

2.1 Trafo Distribusi 1,2,3 (150/20kV 60 MVA) IMP terkecil 12,336

$$X_{T_{11a}} = \frac{0,12336.150^2}{60} \quad X_{T_{11a}} = 46,26 \Omega$$

2.2 Trafo IBT 1,2 (150/70kV 100 MVA) IMP terkecil 12,4

$$X_{T_{11b}} = \frac{0,124.150^2}{100} \quad X_{T_{11b}} = 27,9 \Omega$$

Dipilih Terkecil

$$X_{T_1} = X_{T_{11a}}.(X_{T_{11a}} < X_{T_{11b}}) + X_{T_{11b}}.(X_{T_{11a}} > X_{T_{11b}})$$

$$X_{T_1} = 27,9 \Omega$$

SUTT Mekarsari - Cibatu

1. Distance Rele Micom P442

3.1.1 Ratio CT dan CVT

$$CT1 = \frac{1600}{1} A \quad CVT1 = \frac{150000}{100} Volt$$

$$In = 1 A$$

$$n1 = \frac{CT1}{CVT1} \quad n1 = 1,067$$

$$Vn = \frac{100}{\sqrt{3}} V$$

3.1.2 Jangkauan Induktif

Maka didapatkan setelan zona dan waktu tunda untuk rele distance numerik yang ditampilkan pada tabel 1.

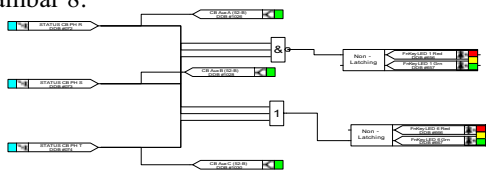
Tabel 1 Tabel hasil perhitungan setting untuk rele distance numerik.

Zona (Ω)	Waktu tunda (sec)
Zona 1	2,188 Ω 0 sec
Zona 2	3,282 Ω 0,4 sec
Zona 3	9,173 Ω 1,6 sec

2. Design Logic

2.1 Logic status circuit breaker

Design logic status circuit breaker yaitu yang berfungsi untuk mengetahui posisi circuit breaker secara realtime yang akan ditampilkan pada indikasi rele distance numerik. Design logic status circuit breaker ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Design logic status circuit breaker

2.2 Logic Signal Receive

Logic signal receive yang berfungsi sebagai penerima sinyal dari teleproteksi yang digunakan untuk design logic autoreclose. Logic signal receive ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Logic Signal Receive

2.3 Logic Signal Send

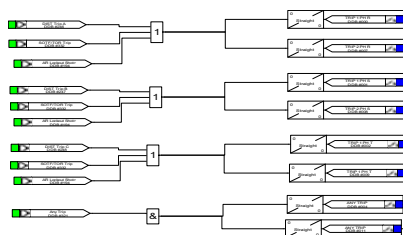
Logic signal send, yang berfungsi untuk sending signal melalui media teleproteksi sebagai kebutuhan autoreclose. Logic signal send ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10 Logic signal send

2.4 Logic Triping 1 dan Triping 2

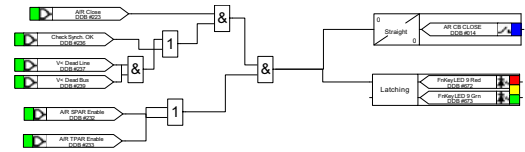
Design logic untuk memberi perintah kontak tripping 1 dan tripping 2, dimana pada design standarnya terdapat dua tripping yang berfungsi apabila ada kegagalan atau masalah pada jalur tripping 1 maka masih ada tripping 2, begitu pula sebaliknya.



Gambar 11 Logic tripping 1 dan tripping 2

2.5 Logic Autoreclose

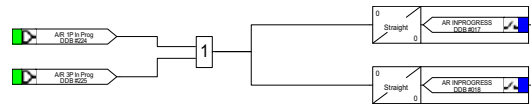
Design logic untuk keperluan autoreclose, dimana berfungsi apabila terdapat gangguan pada penghantar (jalur transmisi) yang bersifat sesaat (temporary) baik satu fasa maupun fasa-fasa maka logic ini yang memberi perintah pada circuit breaker setelah trip untuk close kembali. Logic autoreclose ditunjukkan pada gambar 12.



Gambar 12. Logic autoreclose

2.6 Logic Autoreclose Inprogress

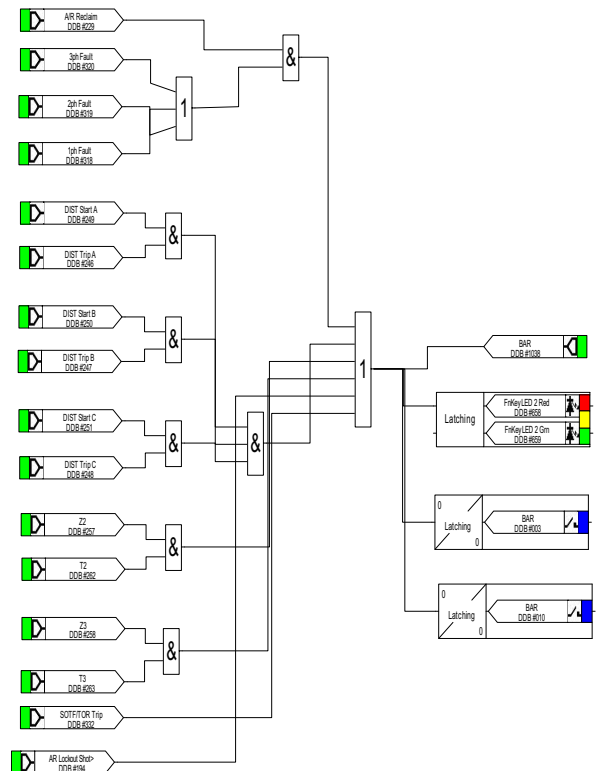
Logic autoreclose inprogress yang berfungsi memberi sinyal bahwa sedang proses autoreclose. Logic autoreclose inprogress ditunjukkan pada gambar 13.



Gambar 13. Logic autoreclose inprogress

2.7 Logic Autoreclose Block

Logic block autoreclose yang berfungsi dimana pada saat gangguan-gangguan tertentu yang tidak memperbolehkan untuk circuit breaker close kembali. Logic autoreclose block ditunjukkan pada gambar 14.



Gambar 1.4 Logic block autoreclose

3. Hasil Uji Rele Distance Numerik

Tabel 2. Data spesifikasi rele distance numerik.

Merk	: Alsthom	Ratio CT	: 1600/1 A
Type	: P442	Ratio CVT	: 150000/100 V
Rating	: 1 A	Bay	: Cibatu
No Seri	: 32593608/07/13	Proteksi	: Utama
Alat Uji	Omicron	Gardu Induk	: Mekarsari
Tanggal	28 Juli 2020		

Pada tabel 2 adalah data spesifikasi rele distance numerik yang akan dilakukan uji test individual dan test function.

Individual Test Distance Rele

Berikut adalah hasil uji individual test distance rele untuk mengetahui performa rele yang akan dipasang untuk mengamankan ruas transmisi mekarsari- cibatu. Hasil uji ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji individual test rele distance.

Simulasi Fault		R-N	S-N	T-N	R-S	S-T	T-R	R-S-T
Zona 1	Z setting (ohm)	2,188			2,188			
	Z found (ohm)	2,22	2,21	2,21	2,20	2,20	2,23	2,21
	Error (%)	-3,56	1,00	1,00	0,54	0,54	1,92	1,00
Zona 2	Z setting (ohm)	3,282			3,282			
	Z found (ohm)	3,29	3,29	3,28	3,30	3,29	3,27	3,28
	Error (%)	0,24	0,24	-0,06	0,54	0,24	-0,36	-0,06
Zona 3	Z setting (ohm)	9,173			9,173			
	Z found (ohm)	9,19	9,17	9,17	9,18	9,19	9,18	9,17
	Error (%)	0,18	-0,03	-0,03	0,18	0,07	-0,03	0,07
		R-N	S-N	T-N	R-S	S-T	T-R	RST
T1	T setting (detik)	0			0			
	T found (detik)	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02
T2	T setting (detik)	0,4			0,4			
	T found (detik)	0,40	0,41	0,40	0,41	0,41	0,40	0,41
T3	T setting (detik)	1,6			1,6			
	T found (detik)	1,61	1,62	1,61	1,61	1,61	1,61	1,62

Pengujian Fungsi dan Autoreclose

Berikut adalah hasil uji fungsi rele distance numerik. Hasil uji fungsi ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji fungsi rele distance numerik

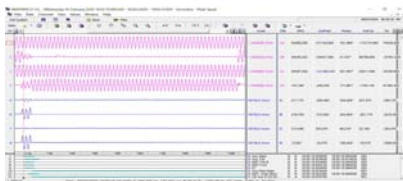
No	Injeksi	Phasa	Switch AR	Indikasi Rele	Indikasi Annunciator	Status circuit breaker	
						Trip	Reclose
1	Zona 1	R-N	Off	TRIP R, ZONE 1, A/R BLOCK	Relay General Trip, Trip A, Zone 1	√	-
2	Zona 1	S-N	On	TRIP S, ZONE 1, A/R IN PROGRESS	Relay Trip S, Zone 1, AR InProgress, CB Close, AR Success	-	√
3	Zona 2 + receive	T-N	On	TRIP T, ZONE 2, A/R IN PROGRESS	Relay Trip T, Zone 2, AR InProgress, AR Success	-	√
4	Zona 2	S-N	On	TRIP S, ZONE 2	Relay Pickup L2, Relay Trip L2, Zone 2, GENERAL TRIP	√	-
5	Zona 1	R-S	On	TRIP R, TRIP S, ZONE 1, A/R IN PROGRESS	Relay Trip R, Relay Trip S, Zone 1, AR InProgress, CB Close, AR Success	-	√
6	Zona 1	S-T	On	TRIP S, TRIP T, ZONE 1, A/R IN PROGRESS	Relay General Trip, Relay Trip R, Relay Trip S, Zone 1, AR InProgress, CB Close, AR Success	-	√
7	Zona 1	S-N (kemudian diinjek kembali (T-N) pada masa dead time AR)	On	TRIP S, ZONE 1	Relay Trip S, Zone 1, Relay General Trip	√	-

4. Disturbance Fault Recorder

Salah satu fitur dari rele distance numerik yang tidak dimiliki oleh rele distance elektrostatis adalah fitur DFR (Disturbance Fault Recorder).

DFR ini dapat merekam jika terjadi gangguan pada rele proteksi dari mulai besaran arus, tegangan, event, dan binary output yang bekerja.

Setelah berhasil mendapatkan file DFR yang selanjutnya dilakukan adalah melakukan analisa dari hasil DFR tersebut. Berikut contoh hasil file dari download DFR.



Gambar 15. hasil download file DFR rele distance numerik

Pada gambar 15 adalah file DFR yang menampilkan gelombang sinusoidal dan besaran parameter rele distance serta event-event yang bekerja

Dari hasil download DFR maka hasil yang dapat dianalisa adalah :

1. Perubahan tegangan

Perubahan tegangan dari saat tegangan normal (pre fault) lalu saat gangguan (fault) dan setelah gangguan (post fault).

2. Perubahan arus

Perubahan arus dari saat arus normal (pre fault) lalu saat gangguan (fault) dan setelah gangguan (post fault).

3. Perubahan sudut arus dan tegangan

Perubahan sudut arus dan tegangan dari saat keadaan normal (pre fault) lalu saat gangguan (fault) dan setelah gangguan (post fault).

4. Clearing time

Clearing time adalah waktu yang merekam dari awal rele merasakan gangguan hingga gangguan hilang (cb open).

5. Dead Time

Dead time adalah waktu yang merekam apabila terjadi gangguan reclose dari mulai cb open hingga cb close kembali.

6. Event

Kejadian-kejadian yang terekam dari rele seperti perubahan binary input, binary output, skema logic.

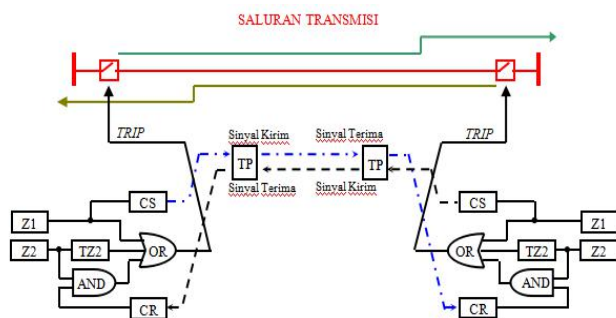
Dan dari hasil file tersebut maka dapat dianalisa apakah gangguan tersebut system fault atau non system fault, apakah gangguan yang bersifat high impedance atau low impedance.

KESIMPULAN

Dari hasil penggantian rele distance hasil perhitungan setting didapatkan dengan hasil berikut :

- Zona 1 : 2,188 Ω dengan waktu tunda 0 detik
- Zona 2 : 3,282 Ω dengan waktu tunda 0,4 detik
- Zona 3 : 9,173 Ω dengan waktu tunda 1,6 detik

Sesuai dengan kebutuhan sistem maka untuk pemasangan rele distance numerik akan digunakan dengan pola teleproteksi PUTT (Permissive Under Transfer trip. Dimana apabila terjadi gangguan pada zona 2 minimum dengan waktu instant (gangguan temporer) dengan jangkauan dari gardu induk mekarsari maka rele distance mekarsari akan mengaktifkan signal send dan pada gardu induk cibatu akan menerima signal send dan pada kedua sisi gardu induk akan membuat circuit breaker reclose. Skema logic PUTT akan ditunjukkan pada gambar 16.



Gambar 16. Skema logic teleproteksi PUTT

Dari hasil uji rele distance numerik yang telah dilakukan pengujian didapatkan rata-rata error tidak lebih dari 1%, maka rele distance numerik dapat dikatakan layak untuk digunakan dengan performa yang akan melindungi ruas transmisi 150 kV mekarsari-cibatu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] KEPDIR, *Buku Pedoman Pemeliharaan Proteksi dan Kontrol Penghantar*, PT.PLN (Persero), 2014.
- [2] Karyana, *Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi dan Gardu Induk Jawa Bali*, PT.PLN (Persero), 2013
- [3] Bonar, Pandjaitan, *Praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*, Andi Publisher, 2014.
- [4] Pusdiklat, *Perhitungan Setting Relai Proteksi Penghantar*, PT.PLN (Persero), 2009.
- [5] P3B Jawa Bali, *Workshop Setting dan Scanning Sistem Proteksi 2015 Bidang Sistem Transmisi-P3BJB*, PT.PLN (persero), 2015.