

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Objek Penelitian

Lokasi pada penelitian ini adalah di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Barat Area Cimahi, yang terletak di Jl. Raya Jend. H. Amir Machmud No 675 Cimahi. Objek yang menjadi bahan penelitian adalah penyulang dan jaringan Gunung Dukuh (GNDK) pada Gardu Induk Lagadar.

3.2 Metode Pengumpulan Data

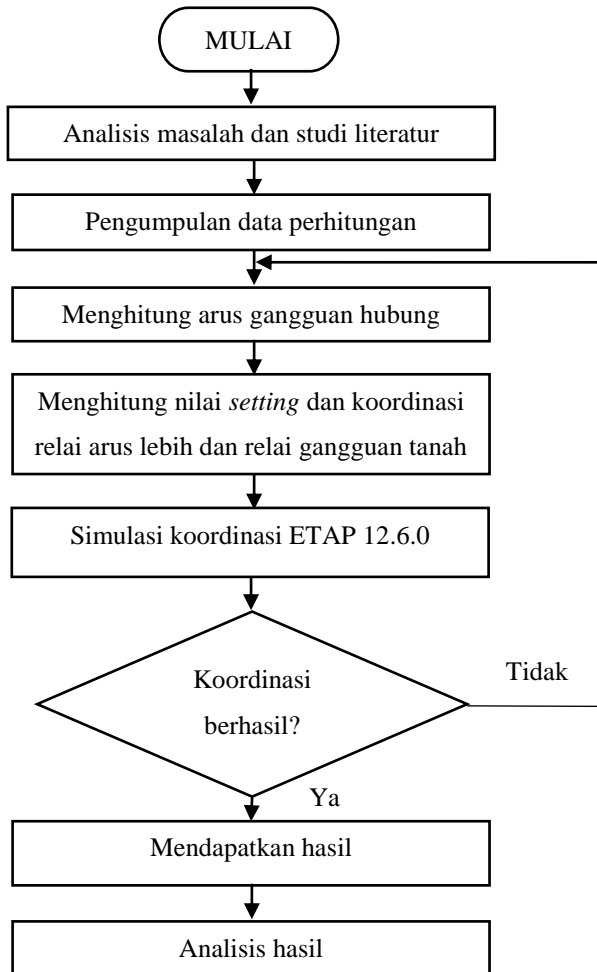
Pada penelitian ini penulis melakukan pengumpulan data dengan metode sebagai berikut.

1. Studi Literatur
Studi Pustaka yaitu penelusuran literatur yang bersumber dari buku, media, pakar ataupun dari hasil penelitian orang lain yang bertujuan untuk menyusun dasar teori yang kita gunakan dalam melakukan penelitian. Studi pustaka merupakan salah satu sumber acuan sehingga peneliti dapat menggunakannya sebagai penunjuk informasi dalam menelusuri bahan bacaan dengan menggunakan buku referensi, *Ebook* dan penelitian sebelumnya.
2. Observasi
Observasi merupakan teknik studi lapangan untuk mengetahui langsung data-data yang ada di lapangan dan juga sebagai data penunjang untuk terlaksananya proses penelitian ini.
3. Wawancara dan diskusi
Proses diskusi dilakukan untuk memahami secara mendalam hal-hal yang tidak tercantum pada literatur-literatur yang telah dipublikasikan. Diskusi dilakukan dengan pembimbing di lapangan, yaitu teknisi bagian proteksi dan bimbingan dengan dosen pembimbing di kampus.

Mohamad Farid Sadak, 2017
ANALISIS KOORDINASI RELAI ARUS LEBIH DAN RELAI GANGGUAN TANAH PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI PENYULANG GUNUNG DUKUH
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |
perpustakaan.upi.edu

4. Simulasi program ETAP 12.6.0
 Proses simulasi ini menggunakan simulasi *star protective coordination* untuk mendapatkan kurva koordinasi dan mekanisme koordinasi relai dalam mengatasi gangguan.

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Pada gambar 3.1 dijelaskan diagram alir penelitian koordinasi relai arus lebih dan relai gangguan tanah. Langkah pertama yang dilakukan yaitu menganalisis masalah yang terjadi di lapangan yakni gangguan hubung singkat dan tidak optimalnya koordinasi antar relai. Studi literatur dilakukan untuk mencari solusi terkait koordinasi relai proteksi pada jaringan tegangan menengah 20 KV. Studi literatur yang dilakukan adalah menganalisis penelitian-penelitian sebelumnya dan juga jurnal-jurnal serta buku referensi pendukung topik penelitian.

Langkah kedua, yaitu pengumpulan data yang digunakan untuk perhitungan. Data yang diperlukan antara lain: data-data jaringan, *single line diagram* proteksi SUTM Area Cimahi, setting relai yang terpasang pada jaringan. Langkah ketiga adalah menghitung gangguan arus hubung singkat berdasarkan rumus-rumus perhitungan yang bersumber pada literatur yang ada. Data yang digunakan untuk proses perhitungan nilai arus gangguan hubung singkat adalah *short circuit* pada bus 150 KV, data tenaga trafo, impedansi urutan positif, negatif, dan nol pada penyulang, arus beban di penyulang, dan ratio CT di penyulang.

Langkah keempat adalah melakukan perhitungan setting pada relai berdasarkan nilai arus gangguan hubung singkat yang telah diperoleh pada langkah sebelumnya. Selanjutnya, apabila telah mendapatkan nilai setting arus relai, kemudian dilanjutkan menghitung nilai TMS tiap relai. Nilai TMS ini digunakan untuk menghitung waktu kerja relai yang nantinya akan dikoordinasikan.

Langkah kelima adalah melakukan simulasi pada perangkat lunak ETAP 12.6.0. Langkah ketujuh adalah mengecek kembali hasil perhitungan dan hasil simulasi apabila sudah sesuai maka dilanjutkan pada proses selanjutnya yakni mendapatkan hasil perhitungan, namun jika hasil perhitungan tidak sesuai kriteria maka perhitungan dilakukan kembali sehingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan kriteria dan rumus yang digunakan.

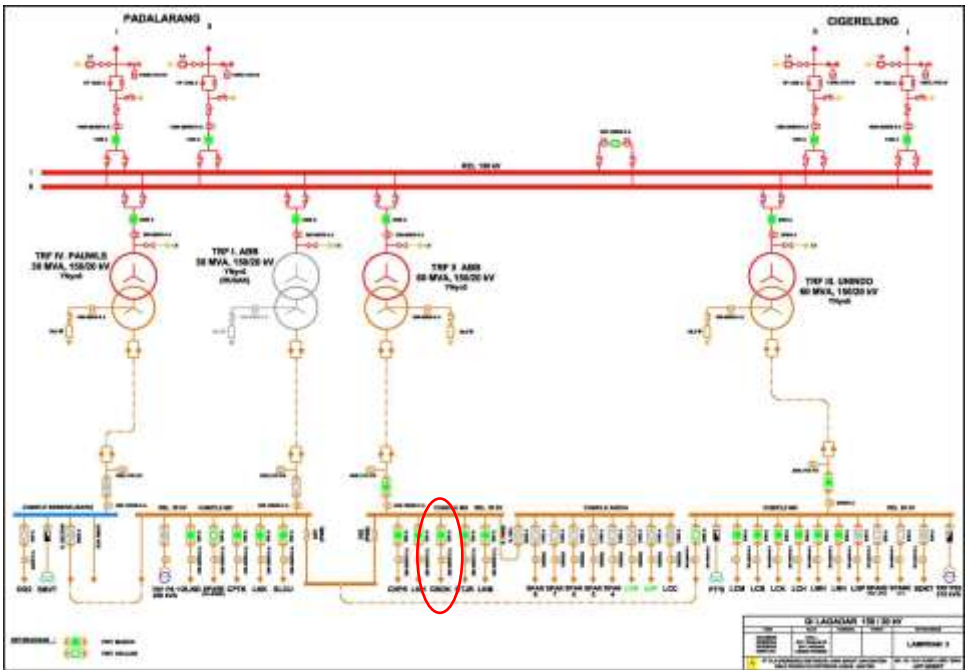
Langkah kedelapan adalah menganalisis dengan cara membandingkan nilai *setting* hasil perhitungan dengan nilai *setting* yang pada relai yang telah terpasang. Analisis ini dilakukan untuk

Mohamad Farid Sadak, 2017
ANALISIS KOORDINASI RELAI ARUS LEBIH DAN RELAI GANGGUAN TANAH
PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI PENYULANG GUNUNG DUKUH
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |
perpustakaan.upi.edu

mengevaluasi apakah nilai *setting* yang telah terpasang sudah sesuai dengan hasil perhitungan.

3.4 Perangkat Penelitian

Perangkat penelitian yang menunjang penelitian ini adalah 1 unit laptop beserta perangkat lunak *Microsoft Excel* sebagai perangkat pembantu perhitungan dan pengolahan data serta perangkat lunak ETAP



12.6.0 sebagai perangkat pembantu simulasi.

3.5 Data Penyulang GNDK (Gunung Dukuh)

3.5.1 Data Trafo Tenaga

- Kapasitas (P) : 60 MVA

Mohamad Farid Sadak, 2017

ANALISIS KOORDINASI RELAI ARUS LEBIH DAN RELAI GANGGUAN TANAH PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI PENYULANG GUNUNG DUKUH

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |
perpustakaan.upi.edu

- Impedansi (Z) : 12,13%
- Tegangan primer : 150 kV
- Tegangan sekunder : 20 kV
- Belitan delta : Tidak
- Kapasitas belitan delta : 20 MVA
- I nominal 20 kV : 1732 A
- Ratio CT : 2000:5
- Ground Resistance (R_{NG}) : 12 Ω

3.5.2 Data Penghantar

- Penghantar sebelum Recloser BGS:
Al 150 mm² panjang 0,54 Km, A3C 150 mm² panjang 11,01 Km.
- Penghantar sesudah Recloser BGS:
Al 150 mm² panjang 0,08 Km, A3C 150 mm² panjang 7,5 Km.
- Penghantar sesudah Recloser BGS:
A3C 150 mm² panjang 18,6 Km, A3C 70 mm² panjang 10,684 Km.
- Panjang total penyulang: 49,362 Km

3.6 Spesifikasi PMT dan *Recloser*

Pada GI Lagadar penyulang Gunung Dukuh menggunakan OCR dan GFR merk MICOM, pada *recloser* Bongas (BGS) menggunakan recloser merk Cooper NOVA, dan pada *recloser* Cijere (CJE) menggunakan recloser merk ENTEC EVRC2A.

3.6.1 PMT Incoming 2 Lagadar

- Merek : AREVA
- Rated Voltage : 24 KV
- Rated Current : 2000 Ampere

3.6.2 PMT Outgoing 2 Lagadar

- Merek : AREVA

Mohamad Farid Sadak, 2017

ANALISIS KOORDINASI RELAI ARUS LEBIH DAN RELAI GANGGUAN TANAH PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI PENYULANG GUNUNG DUKUH

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |
perpustakaan.upi.edu

- Rated Voltage : 24 KV
- Rated Current : 630 Ampere

3.6.3 Recloser Bongas

- Merek : COOPER
- Rated Voltage : 27 kV
- Rated Current : 630 Ampere

3.6.4 Recloser Cijere

- Merek : ENTEC
- Rated Voltage : 27 kV
- Rated Current : 630 Ampere

3.7 Metode Pengolahan Data

3.7.1 Perhitungan Arus Hubung Singkat

Sebelum melakukan perhitungan arus gangguan hubung singkat dilakukan perhitungan impedansi yang diperlukan pada perhitungan arus gangguan hubung singkat. Perhitungan impedansi tersebut dilakukan dalam beberapa tahapan sebagai berikut.

1. Perhitungan impedansi sumber

Pada perhitungan impedansi sumber sebelumnya dilakukan terlebih dahulu nilai MVA_{sc} menggunakan persamaan berikut.

$$MVA_{sc} = \sqrt{3} \times V_{primer} \times I_{hs} \dots \dots \dots (3.1)$$

Selanjutnya nilai MVA_{sc} tersebut digunakan untuk perhitungan impedansi sumber pada 150 KV menggunakan persamaan 3.2.

Mohamad Farid Sadak, 2017

**ANALISIS KOORDINASI RELAI ARUS LEBIH DAN RELAI GANGGUAN TANAH
PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI PENYULANG GUNUNG DUKUH**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |
perpustakaan.upi.edu

$$X_{sc\ 20kv} = \frac{V_{sekunder}^2}{V_{primer}^2} \times X_{sc\ 150\ kv} \dots\dots\dots(3.2)$$

Pada penelitian ini impedansi yang digunakan adalah impedansi pada sisi 20 KV sehingga nilai impedansi sumber 150 KV dikonversikan ke impedansi sumber 20 KV menggunakan persamaan 3.3.

$$\frac{V_{primer}^2}{X_{sc\ 150\ kv}} = \frac{V_{sekunder}^2}{X_{sc\ 20kv}} \quad \Rightarrow$$

$$X_{sc\ 20kv} = \frac{V_{sekunder}^2}{V_{primer}^2} \times X_{sc\ 150kv} \dots\dots\dots(3.3)$$

2. Perhitungan reaktansi trafo

Perhitungan reaktansi trafo tenaga dibagi menjadi tiga perhitungan, yaitu perhitungan reaktansi urutan positif, urutan negatif dan urutan nol. Untuk menghitung nilai reaktansi tersebut dilakukan dulu perhitungan reaktansi trafo pada nilai 100%.

$$X_T\ 100\% = \frac{V_{sekunder}^2}{MVA_{trafo}} \dots\dots\dots(3.4)$$

Setelah mendapatkan nilai reaktansi 100 % trafo dapat dilakukan perhitungan reaktansi urutan positif dan negative menggunakan persamaan 3.5.

$$X_1 = X_2 = X\% \times X_T\ 100\% \dots\dots\dots(3.5)$$

Untuk melakukan perhitungan reaktansi urutan nol (X_{T0}) perlu memperhatikan ada atau tidaknya belitan delta. Apabila kapasitas delta sama dengan kapasitas bintang maka nilai $X_{T0} = X_{T1}$, sedangkan apabila trafo tenaga di Gardu Induk dengan hubungan Yy memiliki belitan delta dengan kapasitas sepertiga kapasitas primer maka nilai $X_{T0} = 3 \times X_{T1}$, apabila trafo tenaga di Gardu Induk dengan hubungan Yy tidak punya belitan delta

Mohamad Farid Sadak, 2017

ANALISIS KOORDINASI RELAI ARUS LEBIH DAN RELAI GANGGUAN TANAH PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI PENYULANG GUNUNG DUKUH

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |
perpustakaan.upi.edu

di dalamnya maka nilai X_{T0} berkisar antara 9 sampai dengan 14 kali X_{T1} . Pada penelitian ini trafo tenaga di G.I. memiliki hubungan Yy dan tidak punya belitan delta di dalamnya, maka nilai X_{T0} dapat menggunakan persamaan 3.6.

$$X_0 = 10 \times X_1 \dots \dots \dots (3.6)$$

3. Perhitungan impedansi jaringan

Pada perhitungan impedansi jaringan menggunakan spesifikasi konduktor yang digunakan pada jaringan tersebut. Spesifikasi tersebut ditampilkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi konduktor pada jaringan Gunung Duku

No.	Jenis Konduktor	$Z_1 = Z_2$ (Ω/km)		Z_0 (Ω/km)	
		R	jX	R	jX
1	Alumunium 150 mm ²	0,206	0,104	0,356	0,312
2	A3C 150 mm2	0,216	0,331	0,363	1,618
3	A3C 70 mm ²	0,461	0,357	1,609	1,645

Perhitungan impedansi penyulang ekivalensi

Perhitungan impedansi penyulang ekivalensi adalah mengakumulasikan semua nilai impedansi yang ada pada jaringan tersebut yang selanjutnya akan digunakan untuk melakukan perhitungan arus gangguan hubung singkat.

Perhitungan impedansi ekivalen urutan positif dan negatif ($Z_1 = Z_2$) menggunakan persamaan 3.7.

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{sc\ 20\ kV} + Z_{T1} + Z_{jaringan} \dots \dots \dots (3.7)$$

Perhitungan impedansi ekivalen urutan nol (Z_0) menggunakan persamaan 3.8.

$$Z_{0eq} = Z_{T0} + (3 \times R_{NG}) + Z_{0\ jaringan} \dots \dots \dots (3.8)$$

Setelah mendapatkan nilai impedansi ekivalensi selanjutnya dapat dilakukan perhitungan arus gangguan hubung singkat tiga fasa, dua fasa, dan satu fasa ke tanah. Perhitungan tersebut menggunakan persamaan berikut.

1. Arus gangguan hubung singkat tiga fasa.

$$I_{3fasa} = \frac{V_s / \sqrt{3}}{Z_{1eq}(n\%) } \dots \dots \dots (3.9)$$

2. Arus gangguan hubung singkat dua fasa.

$$I_{2fasa} = \frac{V_{f-f}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}} \dots \dots \dots (3.10)$$

3. Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.

$$I_{1fasa-tanah} = \frac{3 \times V_{f-n} / \sqrt{3}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{3eq}} \dots \dots \dots (3.11)$$

3.7.2 Perhitungan Nilai Setting Relai

Pada perhitungan nilai setting relai dilakukan perhitungan nilai setting arus primer, nilai setting arus sekunder, dan nilai time multiple setting. Perhitungan tersebut menggunakan persamaan sebagai berikut.

1. Setting arus primer

Pada setting OCR di sisi incoming maka menggunakan I nominal trafo yang menggunakan persamaan 3.12.

$$I_{set primer} = OLF \times I_{nominal trafo} \dots \dots \dots (3.12)$$

Pada setting OCR di sisi outgoing dan recloser maka menggunakan I beban yang menggunakan persamaan 3.13.

$$I_{set primer} = OLF \times I_{beban} \dots \dots \dots (3.13)$$

Mohamad Farid Sadak, 2017

ANALISIS KOORDINASI RELAI ARUS LEBIH DAN RELAI GANGGUAN TANAH PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI PENYULANG GUNUNG DUKUH

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |
perpustakaan.upi.edu

Pada setting GFR menggunakan persamaan 3.14.

$$I_{set\ primer} = n\% \times I_{f1s} \dots \dots \dots (3.14)$$

2. Setting arus sekunder

Setting arus sekunder adalah nilai setting yang dimasukkan pada relai dikarenakan relai tidak bias membaca arus yang besar. Perhitungan nilai setting arus sekunder menggunakan persamaan 3.15

$$I_{set\ sekunder} = I_{set\ primer} \times \frac{1}{Ratio\ CT} \dots \dots \dots (3.15)$$

3. Time multiple setting

Time multiple setting adalah konstanta pada relai dengan karakteristik inverse yang dapat menentukan nilai waktu kerja relai. Perhitungan nilai time multiple setting menggunakan persamaan 3.16.

$$TMS = \frac{t \times \left[\left(\frac{I_f}{I_s} \right)^\alpha - 1 \right]}{\beta} \dots \dots \dots (3.16)$$

3.7.3 Pemeriksaan Waktu Kerja

Pemeriksaan waktu kerja relay dilakukan sebagai parameter baik atau buruknya koordinasi peralatan proteksi dalam mengamankan jaringan dari gangguan arus hubung singkat. Perhitungan waktu kerja tersebut menggunakan persamaan 3.17.

$$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left[\left(\frac{I_{gangguan}}{I_{setting}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \dots \dots \dots (3.17)$$

3.7.4 Simulasi Koordinasi ETAP 12.6.0

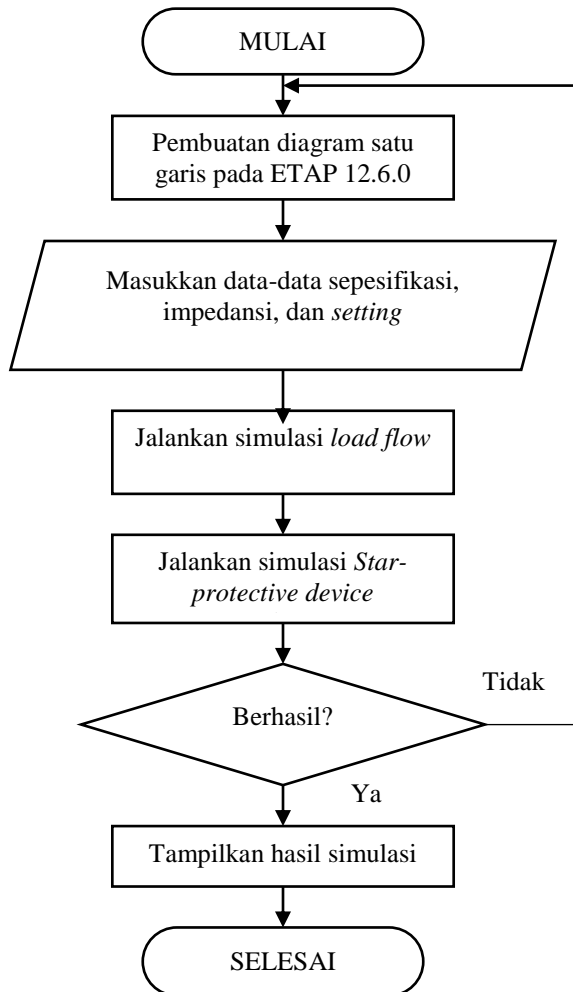
Pada penelitian ini dilakukan simulasi pada perangkat lunak ETAP 12.6.0. untuk menguji koordinasi peralatan proteksi pada jaringan

Mohamad Farid Sadak, 2017

ANALISIS KOORDINASI RELAI ARUS LEBIH DAN RELAI GANGGUAN TANAH PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI PENYULANG GUNUNG DUKUH

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |
perpustakaan.upi.edu

distribusi. Untuk diagram alir proses simulasi ini dijabarkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram alir simulasi koordinasi pada ETAP 12.6.0