

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan di PT PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Jawa Bali (P3B-JB) region Jawa Barat UPT Bandung Utara, maka diperoleh data single line diagram sistem kelistrikan gardu, data spesifikasi peralatan gardu dan data proteksi gardu induk tersebut. Maka setelah itu akan dibuat simulasi proteksi di software ETAP 12.6. Dengan simulasi proteksi tersebut, maka akan diketahui sumber gangguan yang terjadi pada saat koordinasi relay dinyalakan. Jika penyetelan *over current relay* atau *ground fault relay* yang berada di *out going feeder* kurang baik. Gangguan hubung singkat dapat memutuskan relay yang berada di *incoming feeder* sehingga dikhawatirkan dapat menyebabkan pemadaman seluruh penyulang.

3.2 Partisipan dan Tempat Penelitian.

Pelaksanaan penelitian ini bekerja sama dengan pihak PT PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Jawa Bali (P3B-JB) region Jawa Barat UPT Bandung Utara. Gardu Induk Bandung Utara yang berada di Jl.Sersan Bajuri Dalam No.6 Bandung Jawa Barat.

3.3 Metode Pengumpulan Data.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan di PT PLN (Persero) APP Bandung Utara untuk membahas tentang metode penelitian yang dilakukan oleh penulis, yaitu penelitian yang dilaksanakan melalui tahap-tahap yang bertujuan mencari dan membuat pemecahan masalah. Metodologi yang digunakan dalam penelitian Skripsi ini antara lain :

1. Studi literatur.

Mengkaji teori yang diperlukan dari buku-buku dan jurnal acuan yang menunjang dan berhubungan dengan tema yang diambil, studi literatur pun dilakukan untuk mendapatkan data-data yang diinginkan secara langsung ke lapangan.

2. Studi lapangan

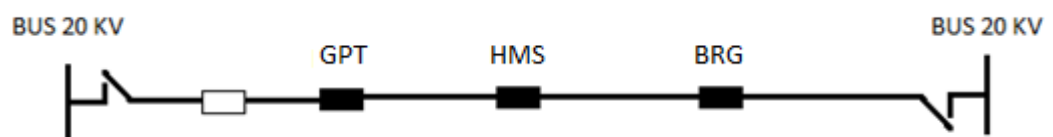
Mencari permasalahan sesuai dengan tema yang di ambil pada lokasi penelitian dan mengumpulkan data-data yang diperlukan secara langsung dari tempat objek penelitian tersebut dengan cara menanyakan langsung kepada pegawai yang berkompeten dibidangnya.

3. Diskusi

Melakukan konsultasi dan bimbingan dengan dosen, karyawan PT PLN (Persero) APP Bandung Utara. yang berkompeten dalam hal proteksi khususnya setting koordinasi relay.

3.4 Penyulang NAM (North Arjuna Merah)

Penyulang NAM (north arjuna merah) memiliki 3 trafo distribusi yaitu GPT (Divisi Risti Telkom), HMS (Hotel Mus Sangkuriang), dan BRG (braga). Dengan menggunakan jaringan saluran kabel (SKTM). Penyulang NAM memiliki total panjang penghantar sebesar 6,5 KM. Dalam pembahasan kasus ini akan dihitung arus hubung singkat yang terjadi pada penyulang NAM.



Gambar.3.1. single line diagram penyulang NAM.

(Sumber: APP PLN GI Bandung Utara)

Data-data pada penyulang NAM adalah sebagai berikut :

1. Data penghantar

- a. Jenis penghantar : PILC
- b. Ukuran penghantar : 240 mm²

Tabel 3.1 Impedansi pada penyulang

| No | Gardu | Panjang penghantar(m) | Impedansi positif (ohm) | Impedansi negatif (ohm) |
|----|-----------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | GI - GPT | 1324 | 0,125 + j0,097 | 0,275 + j0,029 |
| 2 | GPT - HMS | 1820 | 0,206 + j0,104 | 0,356+ j0,312 |
| 3 | HMS - BRG | 3428 | 0,216 + j0,331 | 0,363 + j0,312 |

2. Kapasitas trafo

Tabel 3.2 kapasitas trafo pada penyulang NAM

| No | gardu | Letak | Kapasitas trafo (MVA) | Merk trafo | Beban puncak (%) | Spesifikasi beban |
|----|-------|---|-----------------------|------------|------------------|-------------------|
| 1 | GPT | Jln Setra Sari | 630 | Trafofindo | - | Gedung |
| 2 | HMS | Jln Dr djundjunan (hotel sangkuriang) mus | 630 | Paulwels | - | Gedung |
| 3 | BRG | Jln Braga | 630 | Trafofindo | 72,5 | Rumah Tangga |

3.5 Analisis Data Gardu Induk Bandung Utara

Pada Gardu Induk Bandung Utara terdapat 4 buah Trafo tenaga dengan Tegangan kerja 150/20 kV. Beban dimana masing-masing trafo berkapasitas 60 MVA. Karena pada trafo IV terdapat 10 penyulang, Oleh karena itu diperlukan penyetelan relay yang sangat baik agar relay tersebut dapat memproteksi peralatan-peralatan listrik yang lain dari arus gangguan hubung singkat maupun beban lebih. Maka dari itu dalam penulisan skripsi ini penulis akan membahas Analisa koordinasi *over current* dan *ground fault relay* pada penyulang NAM di Gardu Induk Bandung Utara. Adapun data-data yang diperlukan untuk analisis ini sebagai berikut :

1. Data Trafo tenaga

| | |
|-----------------------|-------------|
| Merk | = Unindo |
| Type | = TTH-RV |
| Daya | = 60 MVA |
| Tegangan | = 150/20 KV |
| Imp (Z%) | = 12,13 |
| Teg Primer | = 150 kV |
| Teg Sekunder | = 20 kV |
| Arus Nominal Primer | = 230,95 A |
| Arus Nominal Sekunder | = 1732,1 A |
| Hub. Belitan Trafo | = YNyn0 |
| NGR | = 12 Ohm |

2. Data OCR pada Trafo 150/20 kV sisi *High Voltage*

| | |
|---------------|------------------|
| Merk | = GEC |
| Type | = MCGG 82 |
| No Serie | = 801949 H |
| Karakteristik | = Standar Invers |
| In | = 5 Amp |
| Ratio CT | = 300/5 |

3. Data GFR pada Trafo 150/20 kV sisi *High Voltage*

| | |
|---------------|------------------|
| Merk | = GEC |
| Type | = MCGG 82 |
| No Serie | = 801949 H |
| Karakteristik | = Standar Invers |
| In | = 5 Amp |
| Ratio CT | = 300/5 |

4. Data OCR sisi incoming 20 kV

| | |
|------|-------|
| Merk | = SEG |
|------|-------|

| | |
|---------------|------------------|
| Type | = MR 13-15E5D |
| No Serie | = 80022084-009 |
| Karakteristik | = Standar Invers |
| In | = 5 Amp |
| Ratio CT | = 2000/5 |

5. Data GFR sisi incoming 20 kV

| | |
|---------------|------------------|
| Merk | = SEG |
| Type | = MR 13-15E5D |
| No Serie | = 80022084-009 |
| Karakteristik | = Standar Invers |
| In | = 5 Amp |
| Ratio CT | = 2000/5 |

6. Data OCR sisi Penyulang 20 kV

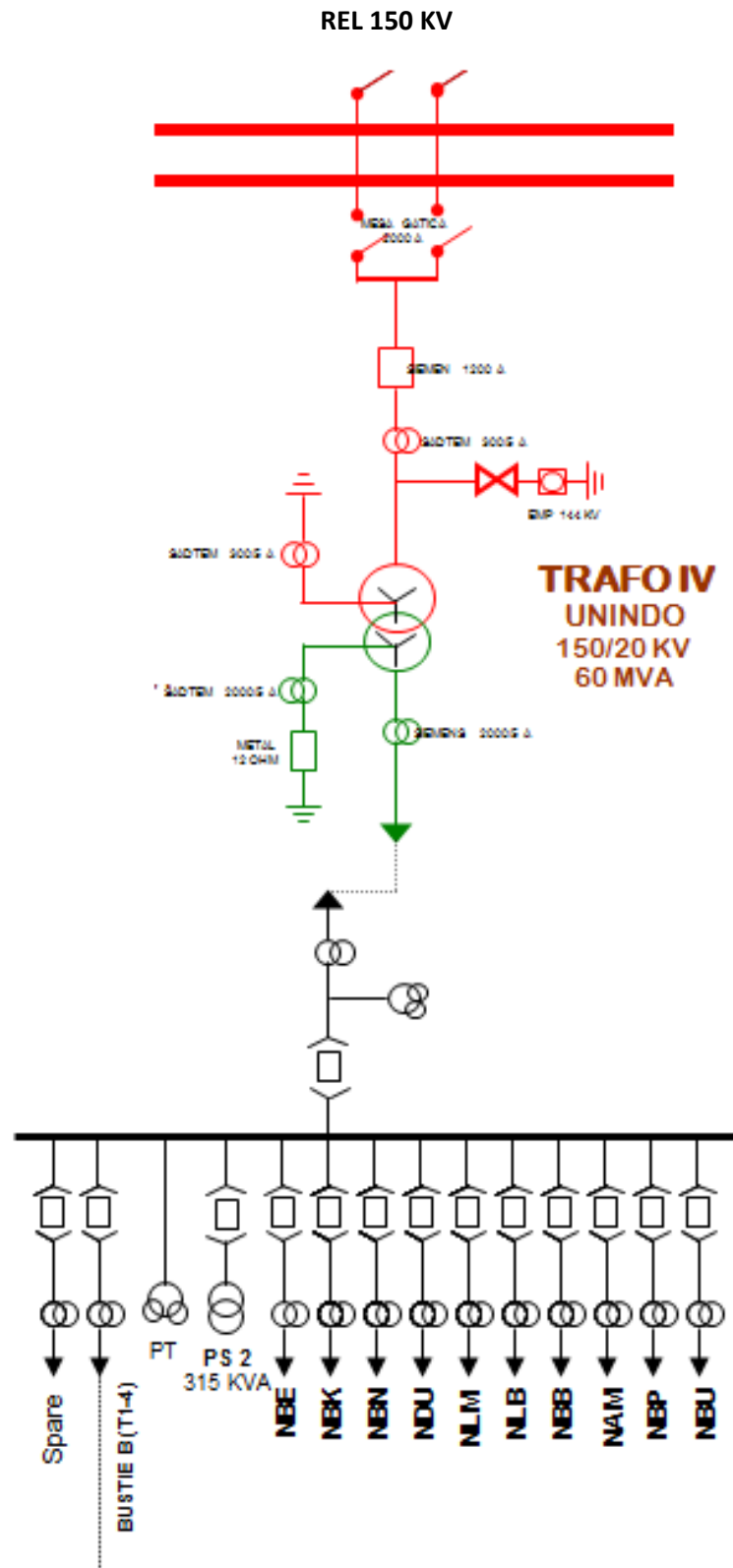
| | |
|---------------|------------------|
| Merk | = AREVA |
| Type | = MICOM P122 |
| No Serie | = 3206655 |
| Karakteristik | = standar Invers |
| In | = 5 Amp |
| Ratio CT | = 800/5 |

7. Data GFR sisi Penyulang 20 kV

| | |
|---------------|------------------|
| Merk | = AREVA |
| Type | = MICOM P122 |
| No Serie | = 3206655 |
| Karakteristik | = standar Invers |
| In | = 5 Amp |
| Ratio CT | = 800/5 |

Tabel 3.3. Data impedansi kabel penyulang

| Jenis kabel | KHA | Panjang kabel | Ukuran | Impedansi urutan positif (Z1) | Impedansi urutan nol (Z0) |
|--------------------|------------|----------------------|---------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| PILC 240 AL | 292 A | 6,5 kM | 240 mm ² | 0,125+j0,097 Ω | 0,275 + j0,029 Ω |



Gambar 3.2 single line diagram

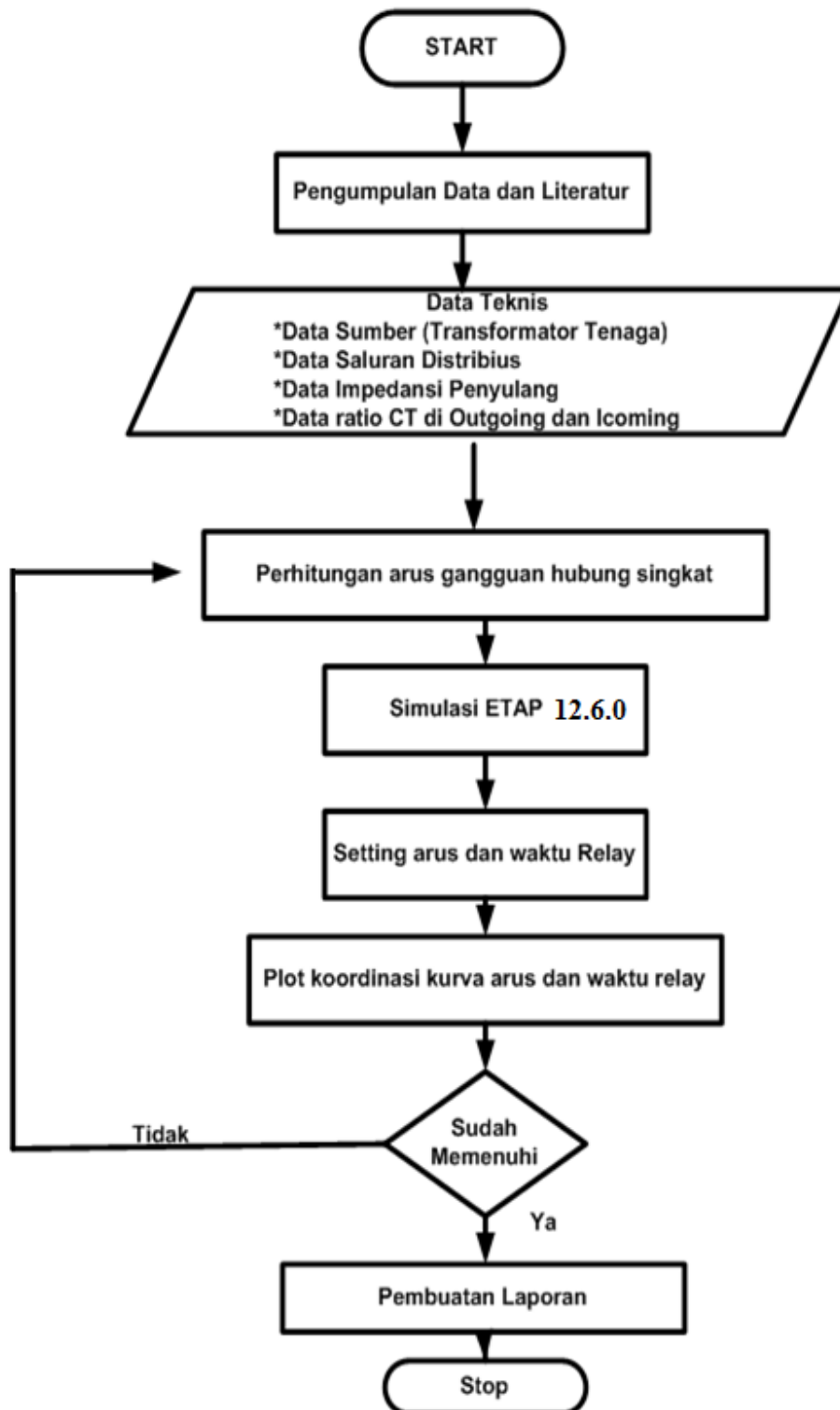
(Sumber: APP PLN GI Bandung Utara)

3.6 Langkah - Langkah Penelitian

Dalam penelitian yang sistematis harus sangat diperhatikan. Hal tersebut berguna untuk memberikan arahan yang mempermudah pemahaman tujuan yang ingin dicapai dalam proses penelitian. Langkah - langkah penelitian tersebut diperlihatkan pada gambar bagan alir penelitian dibawah ini :

1. Perhitungan Arus hubung singkat yang masuk dari suatu bus penyulang (*feeder bus*) untuk mengetahui arus beban maksimum
2. Perhitungan setting arus dan waktu kerja relay dan juga penentuan jenis karakteristik relay yang digunakan.
3. Gambar kurva karakteristik relay arus lebih dan relay arus gangguan tanah untuk perancangan koordinasinya.

Algoritma yang mempersentasikan perhitungan seperti diatas dan diagram satu garis yang digunakan untuk simulasi dapat dilihat pada gambar 3.3



Gambar 3.3. Flow chart penelitian

(Sumber: Dokumentasi pribadi penulis)

3.7 Langkah-langkah perhitungan arus hubung singkat :

- a. Penentuan spesifikasi peralatan yang ada
- b. Penentuan impedansi masing-masing peralatan dalam satuan per unit

- 1) Impedansi Sumber :

$$X_S = \frac{kV^2}{MVA}$$

Dimana :

X_S = Impedansi Sumber (ohm)

kV^2 = Tegangan sisi Primer Trafo tenaga (kV)

MVA = Data hubung singkat di bus 150 kV (MVA)

- 2) Impedansi Trafo :

$$X_T (\text{pada } 100\%) = \frac{kV^2}{MVA}$$

X_T = Impedansi Trafo Tenaga (ohm)

kV^2 = Tegangan sisi sekunder Trafo tenaga (kV)

MVA = kapasitas daya trafo tenaga (MVA)

- 3) Impedansi Penyulang :

- Impedansi urutan positif dan Negatif

$$Z_1 = Z_2 = \% \text{panjang} \times \text{panjang penyulang (km)} \times Z_1 / Z_2$$

(ohm)

Dimana :

Z_1 = Impedansi urutan positif (ohm)

Z_2 = Impedansi urutan negatif (ohm)

- Impedansi urutan nol

$$Z_0 = \% \text{ panjang} \times \text{panjang penyulang (km)} \times Z_0 (\text{ohm})$$

Z_0 = Impedansi urutan nol (ohm)

- c. Penentuan impedansi hubung singkat dari sumber-sumber yang menyebabkan arus hubung singkat

- 1) Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

$$I_{sc} = \frac{3 Vf}{2xZ1eq+Z0eq}$$

Dimana :

$I_a = I_{sc} =$ arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah
(A)

$$V_f = \text{tegangan fasa netral } 20 \text{ kV} = \frac{20.000}{\sqrt{3}} \text{ (V)}$$

Z_{1eq} = Impedansi urutan positif (ohm)

Z_{0eq} = Impedansi urutan nol (ohm)

2) Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Fasa

$$I_a = I_{sc} = \frac{V_{f-f}}{2xZ_{1eq}}$$

Dimana :

$I_{2\text{fasa}}$ = arus gangguan hubung singkat 2 fasa (A)

V_{f-f} = tegangan fasa-fasa 20 kV (V)

Z_{1eq} = Impedansi urutan positif (ohm)

3) Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

$$I_a = I_{sc} = \frac{V_f}{Z_{1eq}}$$

Dimana :

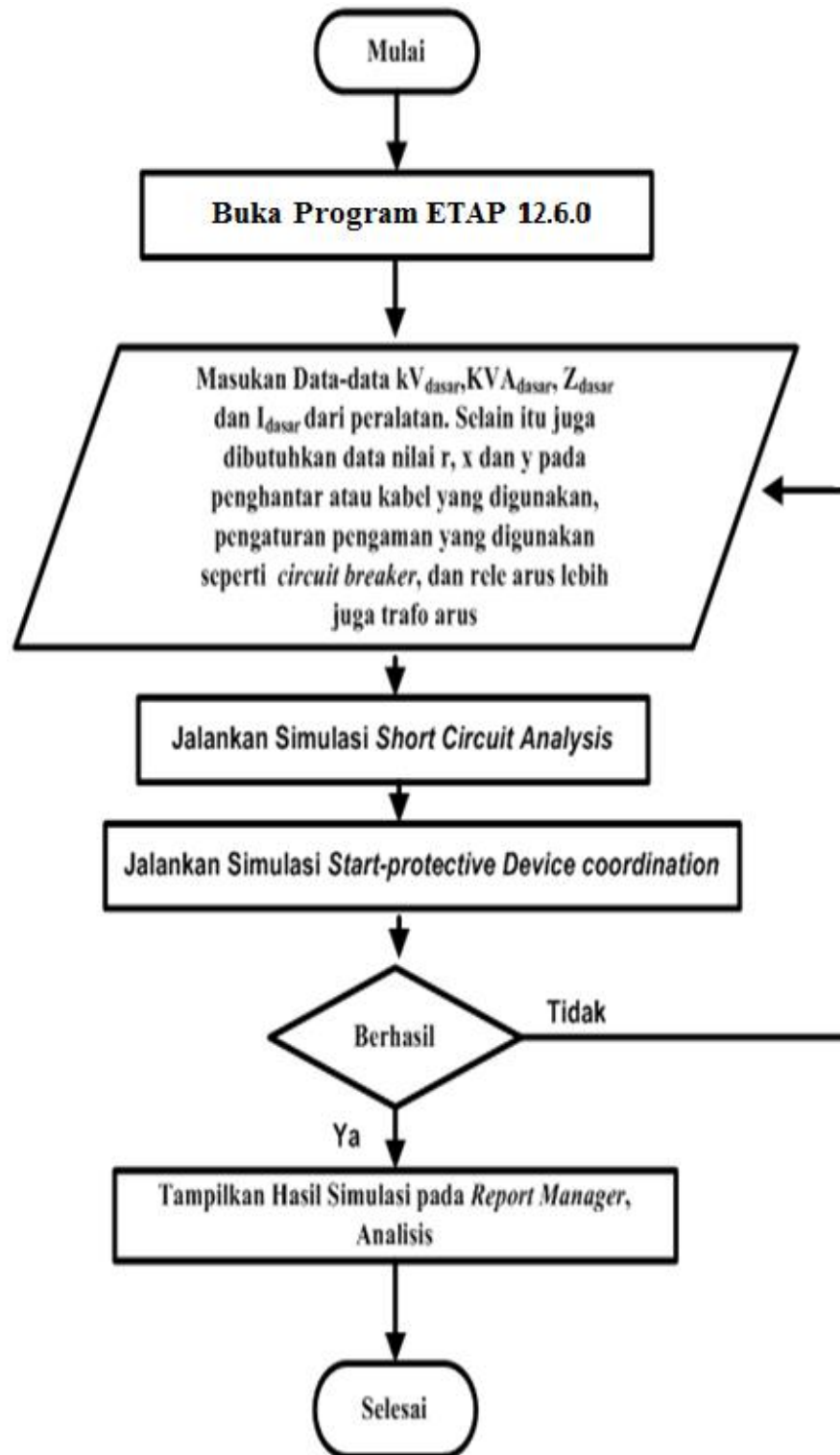
I_{fasa} = arus gangguan hubung singkat 3 fasa (A)

$$V_f = \text{tegangan fasa-fasa } 20 \text{ kV} = \frac{20.000}{\sqrt{3}} \text{ (V)}$$

Z_{1eq} = Impedansi urutan positif (ohm)

- d. Penentuan titik gangguan hubung singkat dengan tempat yang spesifik terhadap kemungkinan terjadinya gangguan hubung singkat.
- e. Perhitungan Menggunakan ETAP 12.6.0 analisis gangguan hubung singkat dengan menggunakan ETAP 12.6.0 memiliki langkah-langkah pada gambar 3.4 dibawah ini. Data-data yang diperlukan seperti kV_{dasar} , KVA_{dasar} , Z_{dasar} , dan I_{dasar} . Selain itu juga dibutuhkan data-data lainnya yang lebih spesifik dari peralatan-peralatan yang digunakan pada penyulang NAM seperti nilai r , x , dan y pada penghantar atau kabel yang digunakan, pengaturan pengaman yang digunakan seperti *circuit breaker*, dan relay arus lebih juga trafo arus yang digunakan. Maka bagan alir simulasi

analisis gangguan hubung singkat pada penyulang NAM dengan menggunakan program ETAP 12.6.0 dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4. Bagan Alur Simulasi Menggunakan ETAP 12.6.0

(Sumber: Dokumentasi pribadi penulis)

3.8 Perhitungan Setting Arus dan Waktu Kerja Relay Arus Lebih dan Relay Gangguan Tanah :

Dalam perhitungan setting Arus dan waktu kerja relay ini harus mendapatkan sistem koordinasi pengaman

- Penentuan karakteristik relay dimulai dari bagian yang paling dekat dengan beban (bagian hilir). Relay yang terletak pada bagian ini harus mempunyai penyetelan waktu paling singkat
- Pemilihan karakteristik relay berdasarkan letak relay tersebut, untuk relay yang berada paling hilir harus memiliki karakteristik paling cepat dalam merespon saat terjadi gangguan hubung singkat.
- Pemilihan faktor pengali waktu pada kurva relay (time multiplier setting/TMS) dengan memilih TMS yang kecil untuk bagian paling hilir, sedangkan pada daerah selanjutnya tergantung dari perhitungan koordinasi relay.
- Persamaan kurva karakteristik arus lebih untuk mendapatkan waktu keraja menurut standar IEC 60255-3 adalah :

$$t = \frac{0,14 \times Tms}{\left[\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right]^{0,02} - 1}$$

Untuk mentukan nilai Tms yang akan disetelkan pada *Over Current Relay* (OCR) diambil pada angka arus gangguan (I_{fault}) sebesar arus gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan berapa persen dari panjang penyulang dan waktu kerja *Over Current Relay* (OCR) di penyulang itu (sesuai keterangan waktu tercepat di atas) misal diambil selama 0.3 detik, maka nilai Tms yang akan disetkan pada *Over Current Relay* (OCR) adalah :

$$Tms = \frac{t \times 0,14}{\left[\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right]^{0,02} - 1}$$

Dimana :

t = waktu kerja (s)

I_{fault} = Arus gangguan (A)

I_{set} = Arus setting (A)

TMS = setingan waktu (s)

3.9 Gambar kurva karakteristik relay arus lebih dan relay gangguan tanah.

Untuk mendapatkan kurva karakteristik relay arus lebih dan relay arus gangguan tanah dalam perancangan koordinasi relay arus lebih seperti diatas maka digunakan *MC excel* 2010.

Kurva karakteristik arus hubung singkat, tahanan gangguan dan lokasi gangguan (*High Voltage, Incoming* dan *Penyulang*) Koordinasi antara Relay Arus Lebih dan Relay Gangguan Tanah terlihat dari besarnya gangguan. semakin besar gangguan semakin cepat pula waktu yang diperlukan untuk mentripkan PMT jenis gangguan hubung singkat yang terjadi.

Pada gangguan hubung singkat tiga fasa dan hubung singkat fasa-fasa yang bekerja sebagai pengaman cadangan adalah Relay Arus Lebih, sedangkan Relay Gangguan Tanah tidak bekerja karena pada gangguan tersebut pada kawat netral tidak dialiri arus gangguan. Sedangkan pada gangguan hubung singkat satu fasa ketanah dimana arus gangguan mengalir pada kawat fasa maupun kawat netral sehingga kedua relay (OCR dan GFR) bisa mendeteksi adanya gangguan namun yang bekerja lebih dahulu adalah Relay Gangguan Tanah karena mempunyai nilai arus setting yang lebih kecil daripada arus setting relay Arus Lebih.

