

ANALISA SETTING KOORDINASI PROTEKSI OVER CURRENT RELAY PADA JARINGAN DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO) ULP PANGKALAN BRANDAN

Elvi Idriana, Raihan Putri, Selamat Meliala, Dedi Fariadi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh, 24352, Aceh Utara, Indonesia.
Email: selamat.meliala@unimal.ac.id

Abstrak - Dalam kehidupan manusia energi listrik adalah kebutuhan primer yang sangatlah penting. Dalam pendistribusian tenaga listrik adapun gangguan baik di dalam sistem maupun diluar jaringan distribusi, salah satunya adalah hubung singkat yang dapat mengakibatkan kerusakan sistem pada peralatan distribusi dan beban listrik. Oleh karena itu, diperlukan perhatian yang lebih untuk melindungi kerugian yang disebabkan adanya gangguan hubung singkat yang terjadi pada sistem jaringan distribusi tenaga listrik. Untuk mengatasi masalah tersebut penulis menggunakan perangkat proteksi relai arus lebih. Adapun metode penelitian ini untuk meningkatkan koordinasi relai arus lebih yaitu dengan menggunakan simulasi pada software ETAP untuk memulai koordinasi relai yaitu dengan pembuatan single line diagram, penentuan penempatan relai sesuai waktu kerja, penentuan tahap waktu kerja relai, nilai arus yang terhubung yaitu hubung singkat tiga fasa dan dua fasa pada bus yang terdekat dengan relai dan parameter nilai lainnya untuk perhitungan setting koordinasi relai sesuai dengan karakteristiknya. Arus gangguan hubung singkat terbesar pada bus 2 sebesar 6.130 A dan arus gangguan terkecil pada bus 46 sebesar 1.565 A. Hasil perhitungan setting relai pada bus 3 adalah $I_p = 0,147125$ A dan $TMS = 1,02$ s, pada bus 7 yaitu $I_p = 0,1056$ A dan $TMS = 0,78$ s, pada bus 17 yaitu $I_p = 0,0671$ A dan $TMS = 0,64$ s, pada bus 34 yaitu $I_p = 0,0363$ A dan $TMS = 0,481$ s, dan pada bus 46 yaitu $I_p = 0,0044$ A dan $TMS = 0,282$ s. Hasil analisa dalam pengujian terhadap beberapa skenario sumber gangguan pada bus 3, 7, 17, 34, 46 dapat dilihat dari circuit breaker bekerja secara berurutan dari sumber gangguan. Dari pengujian simulasi kurva dapat dilihat waktu relai bekerja sesuai arus gangguan, semakin besar arus gangguan maka waktu relai bekerja akan semakin cepat. Ini menunjukkan bahwa penyetelan relai sudah berjalan dengan baik dan tidak tumpang tindih antar relai yang lainnya.

Kata kunci: Koordinasi Proteksi, Relai Arus Lebih, ETAP

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan primer yang sangat penting untuk memudahkan menyelesaikan pekerjaan baik dalam rumah tangga maupun industri, untuk itu dalam menyuplai listrik ke berbagai jaringan distribusi baik beban dalam rumah tangga maupun industri kecil dan besar harus

berjalan dengan baik untuk meminimalisir timbulnya kerugian akibat adanya gangguan.

Adapun terdapat gangguan - gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi baik internal maupun eksternal, salah satunya hubung singkat yang bisa menyebabkan kerusakan sistem pada peralatan distribusi maupun pada beban – beban listrik. Oleh karena itu, diperlukan perhatian yang lebih untuk melindungi kerugian akibat adanya gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik [1].

Solusinya yaitu dengan memasang alat proteksi relai arus lebih (OCR) yang dapat mengatasi dan mengisolir secepat mungkin daerah yang terdampak gangguan hubung singkat tersebut. Perangkat proteksi harus memiliki selektivitas, sensitivitas, realibilitas dan kecepatan yang baik. Dalam pengaturan setting koordinasi arus lebih dibutuhkan software ETAP Power Station 12.6.0. Untuk memulai koordinasi relai yaitu dengan penentuan waktu kerja, penentuan tempat relai, nilai hubung singkat dan parameter nilai untuk menghitung setting relai [2].

Software ETAP ini digunakan untuk memudahkan dalam merancang dan menghitung nilai setting yang diinginkan pada sebuah jaringan distribusi besar. Untuk itu diperlukan penelitian perencanaan proteksi arus lebih pada jaringan distribusi PT. PLN (Persero) ULP Pangkalan Brandan 20 KV. Hasil penelitian ini diharapkan penulis mendapatkan pengetahuan tentang penentuan parameter setting relai yang sesuai dengan karakteristiknya dan handal dalam menangani gangguan menjadi penyebab umur trafo menjadi lebih pendek [6][7] sehingga dibutuhkan analisis dan perhitungan yang dilakukan agar mengetahui susut umur trafo yang dipengaruhi oleh pembebanan dan suhu lingkungan. PT. PJB UBJ O&M PLMG Arun merupakan suatu pembangkit listrik yang berkapasitas 184 MW dan menyuplay daya listrik di kota Lhokseumawe dan sekitarnya. Sementara itu peningkatan pemakaian daya listrik semakin tahunnya semakin meningkat sehingga pengaruh pembebanan transformator daya juga menjadi permasalahan dalam masa penggunaan transformator tersebut.

II. METODE

Data Tranformator Daya

Data trafo daya jaringan distribusi 20 KV Pangkalan Brandan adalah sebagai berikut:

Merk	: UNINDO
Kapasitas	: 30 MVA
Vector grup	: YNyn0+d
Tegangan	: 150/20 kV
Impedansi Trafo	: 12,5 %
Pentahanan	: 40 ohm
Rasio CT	: 1000/5 A

Data Penghantar Penyulang PK 02 Data Over Current Relay

Data konduktor saluran dan data panjang penyulang dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3. 1 Data Penghantar Penyulang PK 02

Penyulang	Jenis Konduktor	Panjang Penyulang	Rasio CT
PK 02	A3C 3 × 150 mm ²	26,85 km	400/5

Data Trafo Distribusi Penyulang PK 02 Pangkalan Brandan

Data trafo distribusi pada jaringan distribusi 20 kv di ULP Pangkalan Brandan adalah sebagai berikut:

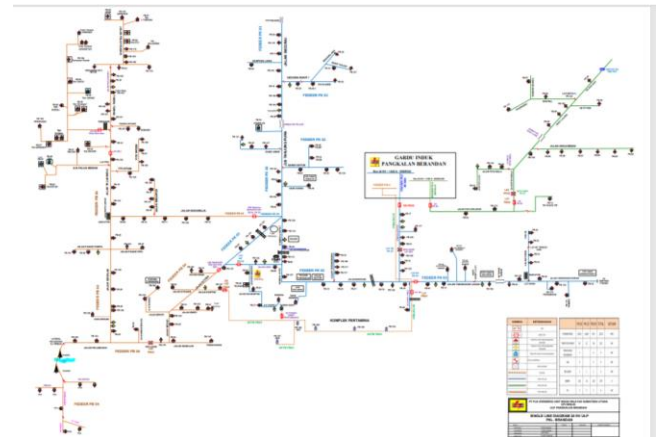
Tabel 3. 2 Data Trafo Distribusi Penyulang PK 02 Pangkalan Brandan

Jenis relay ocr yang terdata pada Gardu Induk Pangkalan Brandan adalah sebagai berikut:

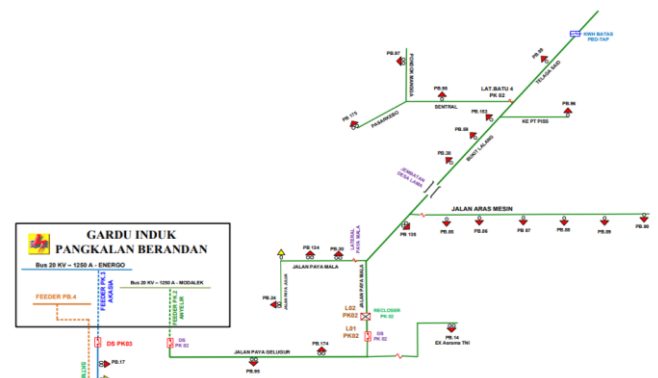
Detail Trafo Distribusi	Kode	Daya (KVA)	Tegangan		Beban (KVA)
			Primer (KV)	Sekunder (V)	
Jln Paya Gelugur	PB 95	50	20	380	13
Paya Gelugur Sisip PB 95	PB 174	50	20	400	23
Ex Asrama TNI	PB 14	50	20	380	22
Paya Mala	PB 30	50	20	380	34,5
Trafo Sisip Payamala	PB 134	100	20	400	23
Trafo Tower Dusun Payamala	TT 01	25	20	400	7,5
Alur Rambung Paya Juluk	PB 24	50	20	380	33,5
Jln Aras Mesin	PB 135	50	20	380	20
Desa Aras Mesin 1	PB 85	25	20	380	7
Desa aras Mesin 2	PB 86	25	20	380	10,75
Desa aras Mesin 3	PB 87	25	20	380	14
Desa aras Mesin 4	PB 88	25	20	380	8
Desa aras Mesin 5	PB 89	20	20	380	5,25
Desa aras Mesin 6	PB 90	20	20	380	7
Jln Wonorejo	PB 38	100	20	380	26
Desa Bukit Lalang	PB 59	25	20	380	7,5
Desa Lama Baru	PB 153	25	20	400	4
Ds Bukit Baru	PB 96	25	20	380	19,75
Telaga Said					
Desa Sentral	PB 98	50	20	400	32
Desa Sentral Pondok Mangga	PB 97	50	20	380	21,5
Dsn Pasar Kerbo	PB 175	100	20	400	12
Pondok Mangga	PB 99	50	20	380	14,5

Tabel 3. 3 Jenis Relay OCR Pada Gardu Induk Pangkalan Brandan

Daerah Proteksi	Rasio CT	Spesifikasi Relay
Trafo daya 30 MVA Sisi 20 KV	1000/5	Merk : Schneider Type : P141
Penyulang PK 02	400/5	Merk : Schneider Type : P141



Gambar 3. 1 Single Line Diagram 20 kV PT PLN ULP Pangkalan Brandan

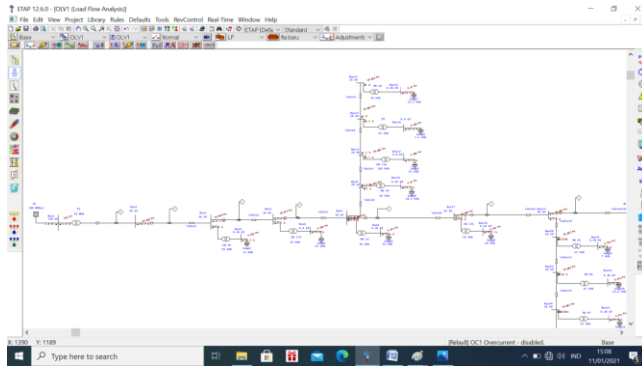


Gambar 3. 2 Single Line Diagram Penyulang PK 02

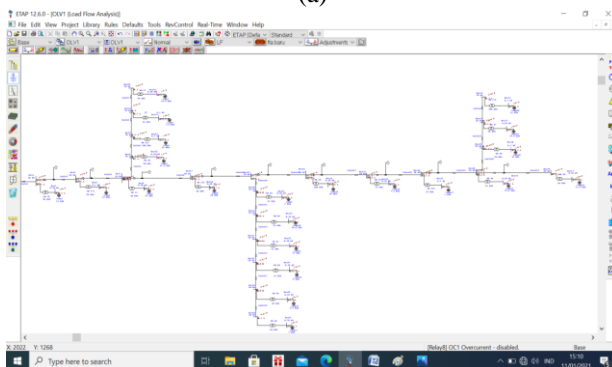
III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Analisis Aliran Daya (Run Load Flow)

Sebelum melakukan perhitungan *setting overcurrent relay* terlebih dahulu perlu melakukan analisis aliran daya (*load flow analysis*) yang bertujuan untuk mengetahui berapa nilai arus saat beroperasi. Berikut analisa aliran daya dapat di tunjukkan pada gambar di bawah ini:



(a)



(b)

Gambar 4. 1 (a) dan (b) Analisis Aliran Daya Penyulang PK 02

IV. DASAR TEORI

Relai Arus Lebih merupakan salah satu relai proteksi yang digunakan untuk mengamankan trafo daya, Neutral Grounding Resistor (NGR), dan penyulang 20 kV. Relai ini bekerja dengan cara membandingkan arus yang terbaca dengan nilai setelannya, bila arus yang dibaca lebih besar dari pada nilai setelan maka relai akan menge-trip-kan Pemutus Tenaga (PMT) atau circuit breaker (CB) setelah waktu tertentu. Besarnya waktu tunda ini tergantung nilai setelan relai. Pada jaringan 20 kV Relai ini berfungsi untuk memproteksi SUTM terhadap gangguan antar fasa atau tiga fasa, dan pada trafo tenaga relai ini berfungsi untuk mengamankan transformator terhadap gangguan hubung singkat antar fasa didalam maupun diluar daerah penganan transformator.

Relai arus lebih bekerja dengan membaca input berupa besaran arus kemudian membandingkan dengan nilai setting, apabila nilai arus yang terbaca oleh relai melebihi nilai setting, maka relai akan mengirim perintah trip (lepas) kepada Pemutus Tenaga (PMT) atau Circuit Breaker (CB) setelah tunda waktu yang diterapkan pada setting.

Karakteristik Waktu Kerja Relai Arus Lebih (OCR)

Relai arus lebih – OCR memproteksi instalasi listrik terhadap gangguan antar fasa. Sedangkan untuk

memproteksi terhadap gangguan fasa tanah digunakan relai Relai Arus Gangguan tanah atau Ground Fault Relay (GFR). Prinsip kerja GFR sama dengan OCR, yang membedakan hanyalah pada fungsi dan elemen sensor arus. OCR biasanya memiliki 2 atau 3 sensor arus (untuk 2 atau 3 fasa) sedangkan GFR ahnya memiliki satu sensor arus (satu fasa).(5)

Relai arus lebih jenis ini lamanya waktu kerja tergantung pada besarnya arus gangguan. Pada Gambar 2.1 terlihat bahwa makin besar arus gangguan yang dirasakan oleh relai arus lebih dengan karakteristik waktu kerja terbalik maka kerjanya makin makin cepat.

Relai dapat dikelompokkan lagi menjadi empat kelompok, yaitu sebagai berikut :

- Standard Inverse
- Very Inverse
- Extremely Inverse
- Long Time Inverse

Nilai setting tersebut merupakan nilai primer untuk memperoleh setting sekunder yang bisa diset pada *Over Current Relay* (OCR) sehingga dihitung dengan menggunakan informasi rasio trafo arus yang terpasang di penyulang tersebut ialah dengan rumus sebagai berikut:

$$T = \frac{\beta \times TMS}{\left(\frac{IF_{fault}}{I_{set}}\right)^\alpha - 1} \tag{1}$$

Keterangan:

- T = Waktu Trip (detik)
- TMS = *Time Multiple Setting*
- Ifault = Besarnya arus gangguan hubung singkat (Ampere) diperoleh Dari arus hubung singkat terbesar.
- Iset = Besarnya arus setting sisi primer (Ampere) *setting over current relay inverse*
- $\alpha \beta$ = Konstanta (Faktor ini tergantung pada kurva arus terhadap waktu

Tabel 2. 1Konstanta Kurva

Nama Kurva	α	β
Standard Inverse	0,02	0,14

Cara untuk menentukan nilai TMS yang akan disetting pada *Over Current Relay* (OCR) yaitu dengan rumus:

$$TMS = \frac{T \times \left(\left(\frac{IF_{fault}}{I_{set}}\right)^\alpha - 1\right)}{\beta} \tag{2}$$

Untuk nilai setting *incoming* 20 kV trafo tenaga, perlu dihitung terlebih dahulu arus nominal trafo tenaga yang sesuai dengan yang sudah diketahui yaitu kapasitas, tegangan, impedansi, rasio CT. Arus nominal trafo pada sisi 20 Kv bisa dicari menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Untuk setting *Time Multiple Setting* (TMS) di sisi *incoming* 20 Kv dihitung dengan rumus yang sama yaitu:(7)

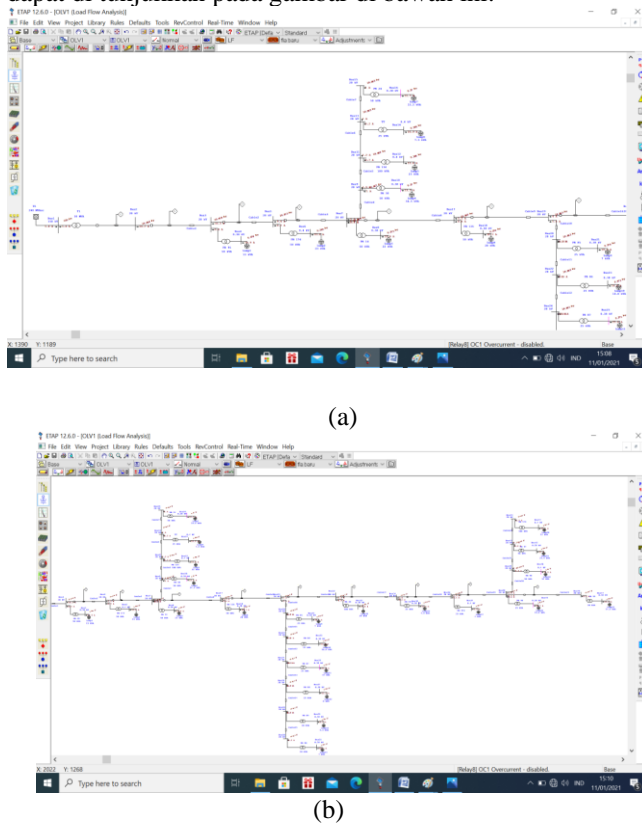
$$TMS = \frac{T \times \left(\left(\frac{IF_{fault}}{I_{set}}\right)^\alpha - 1\right)}{\beta} \tag{3}$$

Metode Pengambilan data dilakukan dengan observasi langsung ke PT. PLN (Persero) ULP

Pangkalan Brandan. Data yang diperoleh adalah data berupa survei lapangan dengan melakukan observasi, wawancara dengan petugas, dokumentasi, serta pengambilan data berupa *single line diagram* dan data setting *over current relay* pada sebuah penyulang (6)

V. ANALISA DAN PEMBAHASAN

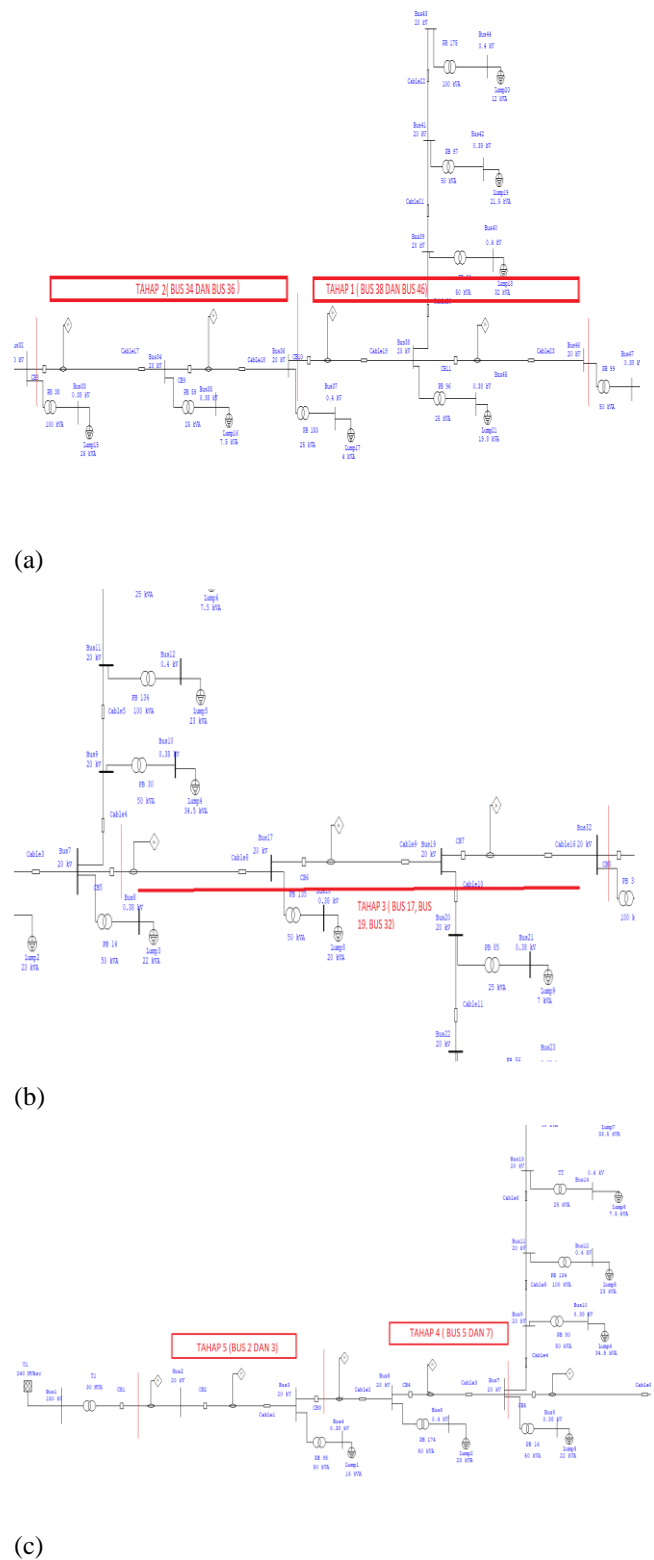
Sebelum melakukan perhitungan *setting overcurrent relay* terlebih dahulu perlu melakukan analisis aliran daya (*load flow analysis*) yang bertujuan untuk mengetahui berapa nilai arus saat beroperasi. Berikut analisa aliran daya dapat di tunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4. 2 (a) dan (b) Analisis Aliran Daya Penyulang PK 02

Penempatan Relay Sesuai Waktu Kerja

Penempatan relay sesuai waktu kerja dilakukan adalah untuk memperhatikan beberapa faktor pertimbangan untuk koordinasi proteksi yang handal, terkontrol dan tidak tumpang tindih antar relay dengan yang lainnya pada saat terjadinya gangguan. Oleh karena itu peneliti membuat beberapa tahapan waktu untuk mengkoordinasi sistem relay proteksi dengan running software ETAP agar hasil berjalan dengan baik. Dapat dilihat dari Gambar 4.3 jarak relay terjauh di ujung jaringan sampai yang terdekat dari pembangkit.



Gambar 4. 3 (a), (b) dan (c) Tahapan Penempatan Waktu Relay Arus Lebih

Tabel 4. 1 Nilai Arus Hubung Singkat Maksimum

Nomor Bus	Arus hubung singkat maksimal (kA)
Bus 2	3500
Bus 3	3341
Bus 5	3184
Bus 7	3032
Bus 17	2886
Bus 19	2749
Bus 32	2619
Bus 34	2497
Bus 36	2384
Bus 38	2278
Bus 46	2179

Untuk memudahkan pengoperasian relay terkoordinir dengan baik peneliti membuat tahapan waktu operasi, waktu delay, dan faktor pengali arus pick up pada penyulang PK 02. Gambar di bawah ini adalah tahapan waktu operasi relay penyulang PK 02 sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Tahapan Waktu Operasi Relay

Tahap	Waktu Operasi	Delay Instantaneous	Faktor pengali arus pick up Instantaneous
Tahap 1	0.3	0,1	0,8
Tahap 2	0.5	0,3	0,9
Tahap 3	0.7	0,5	1,00
Tahap 4	0.9	0,7	1,10
Tahap 5	1.1	0,9	1,20

Perhitungan Setting Koordinasi Relay

Awal mula untuk setting koordinasi relay diperlukan nilai *Full Load Ampere*(FLA) untuk menentukan perhitungan arus *pick up*, *Time Multiple Setting* (TMS), arus *pick up instantaneous* dan *delay instantaneous* kemudian setelah itu nilai akan dimasukkan pada setting relay di *single line diagram*.

Nilai *Full Load Ampere* didapat dari simulasi yaitu menggunakan perintah Load Flow Analysis dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini:

Tabel 4. 3 Hasil simulasi ETAP 12.6.0 analisa Full Load Ampere

Nama Bus	Nilai FLA (A)
Bus 2	10.7
Bus 3	10.7
Bus 5	10.3
Bus 7	9.6
Bus 17	6.1
Bus 19	5.5
Bus 32	4.0
Bus 34	3.3
Bus 38	2.9
Bus 46	0.4

Untuk mensetting relay diperlukan data sebagai berikut yang akan dimasukkan ke dalam settingan relay pada *single line diagram* :

Manufacture : ALSTROM
Model : P120
Kurva : Standard *Invers* (SI)

Tahap 5 pada relay 1 terletak di pada sisi *incoming* yaitu: Pada bus 2

Rasio CT : 1000:1

Isc Max : 3500 A

Isc Min : 4192 A

Rumus untuk menghitung *Arus Pick Up* (IP) :

$$I_p = \frac{1,1 \times FLA}{Rasio CT} = \frac{1,1 \times 10,7}{1000} = 0,01177 \text{ A}$$

$$I_s = I_p \times Rasio CT = 0,01177 \times 1000 = 11,77 \text{ A}$$

Untuk menghitung nilai *Time Multiplier Setting* (TMS) dicari dengan data arus hubung singkat maksimum terdekat relay yaitu pada persamaan sebagai berikut:

$$TMS = \frac{t \times \left[\left(\frac{I_{sc}}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right]}{1,1 \times \left[\left(\frac{3500}{11,77} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$= \frac{0,14}{0,14} = 0,9478 \text{ s}$$

Rumus untuk mencari arus *pick up instantaneous* yaitu:

$$I_p = \frac{1,20 \times I_{sc Minimum}}{Rasio CT} = \frac{1,20 \times 4157}{1000} = 5,0304 \text{ A}$$

Pada relay 2 terletak di pada sisi penyulang *outgoing* yaitu:

Pada bus 3

Rasio CT : 400:1

Isc Max : 3341 A

Isc Min : 3853 A

Rumus untuk menghitung *Arus Pick Up* (IP) :

$$I_p = \frac{1,1 \times FLA}{Rasio CT} = \frac{1,1 \times 10,7}{400} = 0,029425 \text{ A}$$

$$I_s = I_p \times Rasio CT = 0,029425 \times 400 = 11,77 \text{ A}$$

Untuk menghitung nilai *Time Multiplier Setting* (TMS) dicari dengan data arus hubung singkat maksimum terdekat relay yaitu pada persamaan sebagai berikut:

$$TMS = \frac{t \times \left[\left(\frac{I_{sc}}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right]}{1,1 \times \left[\left(\frac{3341}{11,77} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$= \frac{0,14}{0,14} = 0,9396 \text{ s}$$

Rumus untuk mencari arus *pick up instantaneous* yaitu:

$$I_p = \frac{1,20 \times I_{sc Minimum}}{Rasio CT} = \frac{1,20 \times 3853}{1000} = 11,559 \text{ A}$$

Tahap 4 pada relay 3 terletak pada penyulang yaitu:

Pada bus 5

Rasio CT : 100:1

Isc Max : 3184 A

Isc Min : 3545 A

Rumus untuk menghitung *Arus Pick Up* (IP) :

$$I_p = \frac{1,1 \times FLA}{Rasio CT} = \frac{1,1 \times 10,3}{100} = 0,1133 \text{ A}$$

$$I_s = I_p \times Rasio CT = 0,1133 \times 100 = 11,33 \text{ A}$$

Untuk menghitung nilai *Time Multiplier Setting* (TMS) dicari dengan data arus hubung singkat maksimum terdekat relay yaitu pada persamaan sebagai berikut:

$$TMS = \frac{t \times \left[\left(\frac{I_{sc}}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$= \frac{0,9 \times \left[\left(\frac{3184}{11,33} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$= 0,767 \text{ s}$$

Rumus untuk mencari arus *pick upinstantaneous* yaitu:

$$I_p = \frac{1,10 \times I_{sc \text{ Minimum}}}{\text{Rasio CT}} = \frac{1,10 \times 3514}{100} = 38,654 \text{ A}$$

Tahap 4 pada relay 4 terletak di pada penyulang yaitu:

Pada bus 7

Rasio CT : 100:1

Isc Max : 3032 A

Isc Min : 3268 A

Rumus untuk menghitung *Arus Pick Up (IP)* :

$$I_p = \frac{1,1 \times FLA}{\text{Rasio CT}} = \frac{1,1 \times 9,6}{100} = 0,1056 \text{ A}$$

$$I_s = I_p \times \text{Rasio CT} = 0,1056 \times 100 = 10,56 \text{ A}$$

Untuk menghitung nilai Time Multiplier Setting (TMS) dicari dengan data arus hubung singkt maksimum terdekat relay yaitu pada persamaan sebagai berikut:

$$TMS = \frac{t \times \left[\left(\frac{I_{sc}}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,9 \times \left[\left(\frac{3032}{10,56} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$= \frac{0,14}{0,14}$$

$$= 0,77 \text{ s}$$

Rumus untuk mencari arus *pick upinstantaneous* yaitu:

$$I_p = \frac{1,10 \times I_{sc \text{ Minimum}}}{\text{Rasio CT}} = \frac{1,10 \times 3238}{100} = 35,618 \text{ A}$$

Tahap 3 pada relay 5 terletak di pada penyulang yaitu:

Pada bus 17

Rasio CT : 100:1

Isc Max : 2886 A

Isc Min : 3020 A

Rumus untuk menghitung *Arus Pick Up (IP)* :

$$I_p = \frac{0,7 \times FLA}{\text{Rasio CT}} = \frac{0,7 \times 6,1}{100} = 0,0671 \text{ A}$$

$$I_s = I_p \times \text{Rasio CT} = 0,0671 \times 100 = 6,71 \text{ A}$$

Untuk menghitung nilai Time Multiplier Setting (TMS) dicari dengan data arus hubung singkt maksimum terdekat relay yaitu pada persamaan sebagai berikut:

$$TMS = \frac{t \times \left[\left(\frac{I_{sc}}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,7 \times \left[\left(\frac{2886}{6,71} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$= \frac{0,14}{0,14}$$

$$= 0,644 \text{ s}$$

Rumus untuk mencari arus *pick upinstantaneous* yaitu:

$$I_p = \frac{1,00 \times I_{sc \text{ Minimum}}}{\text{Rasio CT}} = \frac{1,00 \times 3020}{100} = 30,2 \text{ A}$$

Tahap 3 pada relay 6 terletak di pada penyulang yaitu:

Pada bus 19

Rasio CT : 100:1

Isc Max : 2749 A

Isc Min : 2802 A

Rumus untuk menghitung *Arus Pick Up (IP)* :

$$I_p = \frac{0,7 \times FLA}{\text{Rasio CT}} = \frac{0,7 \times 5,5}{100} = 0,0605 \text{ A}$$

$$I_s = I_p \times \text{Rasio CT} = 0,0605 \times 100 = 6,05 \text{ A}$$

Untuk menghitung nilai Time Multiplier Setting (TMS) dicari dengan data arus hubung singkt maksimum terdekat relay yaitu pada persamaan sebagai berikut:

$$TMS = \frac{t \times \left[\left(\frac{I_{sc}}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,7 \times \left[\left(\frac{2749}{6,05} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$= \frac{0,14}{0,14}$$

$$= 0,644 \text{ s}$$

Rumus untuk mencari arus *pick upinstantaneous* yaitu:

$$I_p = \frac{1,00 \times I_{sc \text{ Minimum}}}{\text{Rasio CT}} = \frac{1,00 \times 2802}{100} = 28,02 \text{ A}$$

Tahap 3 pada relay 7 terletak di pada penyulang yaitu:

Pada bus 32

Rasio CT : 100:1

Isc Max : 2619 A

Isc Min : 2608 A

Rumus untuk menghitung *Arus Pick Up (IP)* :

$$I_p = \frac{0,7 \times FLA}{\text{Rasio CT}} = \frac{0,7 \times 4,0}{100} = 0,044 \text{ A}$$

$$I_s = I_p \times \text{Rasio CT} = 0,044 \times 100 = 4,4 \text{ A}$$

Untuk menghitung nilai Time Multiplier Setting (TMS) dicari dengan data arus hubung singkt maksimum terdekat relay yaitu pada persamaan sebagai berikut:

$$TMS = \frac{t \times \left[\left(\frac{I_{sc}}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,7 \times \left[\left(\frac{2619}{4,4} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$= \frac{0,14}{0,14}$$

$$= 0,68 \text{ s}$$

Rumus untuk mencari arus *pick upinstantaneous* yaitu:

$$I_p = \frac{1,00 \times I_{sc \text{ Minimum}}}{\text{Rasio CT}} = \frac{1,00 \times 2608}{100} = 26,08 \text{ A}$$

Tahap 2 pada relay 8 terletak di pada penyulang yaitu:

Pada bus 34

Rasio CT : 100:1

Isc Max : 2497 A

Isc Min : 2436 A

Rumus untuk menghitung *Arus Pick Up (IP)* :

$$I_p = \frac{1,1 \times FLA}{\text{Rasio CT}} = \frac{1,1 \times 3,3}{100} = 0,0363 \text{ A}$$

$$I_s = I_p \times \text{Rasio CT} = 0,0363 \times 100 = 3,63 \text{ A}$$

Untuk menghitung nilai Time Multiplier Setting (TMS) dicari dengan data arus hubung singkt maksimum terdekat relay yaitu pada persamaan sebagai berikut:

$$TMS = \frac{t \times \left[\left(\frac{I_{sc}}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,5 \times \left[\left(\frac{2497}{3,63} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$= \frac{0,14}{0,14}$$

$$= 0,498 \text{ s}$$

Rumus untuk mencari arus *pick upinstantaneous* yaitu:

$$I_p = \frac{0,90 \times I_{sc \text{ Minimum}}}{\text{Rasio CT}} = \frac{0,90 \times 2436}{100} = 21,924 \text{ A}$$

Tahap 2 pada relay 9 terletak di pada penyulang yaitu:

Pada bus 36

Rasio CT : 100:1

Isc Max : 2384 A

Isc Min :2283 A

Rumus untuk menghitung *Arus Pick Up* (IP) :

$$I_p = \frac{1.1 \times FLA}{Rasio CT} = \frac{1.1 \times 3.0}{100} = 0,033 \text{ A}$$

$$I_s = I_p \times Rasio CT = 0,033 \times 100 = 3,3 \text{ A}$$

Untuk menghitung nilai Time Multiplier Setting (TMS) dicari dengan data arus hubung singkat maksimum terdekat relay yaitu pada persamaan sebagai berikut:

$$TMS = \frac{t \times \left[\left(\frac{I_{sc}}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,5 \times \left[\left(\frac{2334}{3,3} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$= \frac{0,14}{0,14} = 0,50 \text{ s}$$

Rumus untuk mencari arus *pick up instantaneous* yaitu:

$$I_p = \frac{0,90 \times I_{sc Minimum}}{Rasio CT} = \frac{0,90 \times 2283}{100} = 20,547 \text{ A}$$

Tahap 1 pada relay 10 terletak di pada penyulang yaitu:
Pada bus 38

Rasio CT : 100:1

Isc Max :2278 A

Isc Min :2146 A

Rumus untuk menghitung *Arus Pick Up* (IP) :

$$I_p = \frac{1.1 \times FLA}{Rasio CT} = \frac{1.1 \times 2,9}{100} = 0,0319 \text{ A}$$

$$I_s = I_p \times Rasio CT = 0,0319 \times 100 = 3,19 \text{ A}$$

Untuk menghitung nilai Time Multiplier Setting (TMS) dicari dengan data arus hubung singkat maksimum terdekat relay yaitu pada persamaan sebagai berikut:

$$TMS = \frac{t \times \left[\left(\frac{I_{sc}}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,3 \times \left[\left(\frac{2278}{3,19} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$= \frac{0,14}{0,14} = 0,39 \text{ s}$$

Rumus untuk mencari arus *pick up instantaneous* yaitu:

$$I_p = \frac{0,80 \times I_{sc Minimum}}{Rasio CT} = \frac{0,80 \times 2146}{100} = 17,168 \text{ A}$$

Tahap 1 pada relay 11 terletak di pada penyulang yaitu:

Pada bus 46

Rasio CT : 100:1

Isc Max :2179 A

Isc Min :2024 A

Rumus untuk menghitung *Arus Pick Up* (IP) :

$$I_p = \frac{1.1 \times FLA}{Rasio CT} = \frac{1.1 \times 0,4}{100} = 0,0044 \text{ A}$$

$$I_s = I_p \times Rasio CT = 0,0044 \times 100 = 3,19 \text{ A}$$

Untuk menghitung nilai Time Multiplier Setting (TMS) dicari dengan data arus hubung singkat maksimum terdekat relay yaitu pada persamaan sebagai berikut:

$$TMS = \frac{t \times \left[\left(\frac{I_{sc}}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,3 \times \left[\left(\frac{2179}{3,19} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$= \frac{0,14}{0,14} = 0,300 \text{ s}$$

Rumus untuk mencari arus *pick up instantaneous* yaitu:

$$I_p = \frac{0,80 \times I_{sc Minimum}}{Rasio CT} = \frac{0,80 \times 2024}{100} = 16,192 \text{ A}$$

Dengan perhitungan di atas untuk mendapatkan parameter nilai relay seperti nilai TMS, arus pick up, arus *pick up instantaneous* dan *delay instantaneous* dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut dibawah ini:

Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Setting Relay

Relay	FLA	Rasio CT	Titik terdekat	Ip (A)	TMS(S)	Ipms (A)	Delayms(s)
1	10,7	1000/1	Bus 2	0,01177	0,9478	5,0304	0,1
2	10,7	400/1	Bus 3	0,029425	0,9396	11,559	0,1
3	10,3	100/1	Bus 5	0,1133	0,767	38,654	0,3
4	9,6	100/1	Bus 7	0,1056	0,77	35,618	0,3
5	6,1	100/1	Bus 17	0,0671	0,644	30,02	0,5
6	5,5	100/1	Bus 19	0,0605	0,65	28,02	0,5
7	4,0	100/1	Bus 32	0,0044	0,68	26,08	0,5
8	3,3	100/1	Bus 34	0,0363	0,498	21,924	0,7
9	3,0	100/1	Bus 36	0,033	0,50	20,547	0,7
10	3,9	100/1	Bus 38	0,0319	0,397	17,168	0,9
11	0,4	100/1	Bus 46	0,0044	0,300	16,192	0,9

VI. KESIMPULAN

setting relay arus lebih dengan simulasi *software* ETAP *Power Station* 12.6.0 pada penyulang PK 02 PT. PLN (PERSERO) ULP Jaringan Distribusi 20 kV Pangkalan Brandan ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dalam menentukan nilai *setting relay* arus lebih diperlukan perbedaan tahapan waktu agar tercipta simulasi poteksi koordinasi yang berjalan dengan baik dan handal.
- 2) Penempatan letak OCR ini sangat berpengaruh terhadap gangguan yang terjadi.
- 3) Dalam menghitung nilai TMS ini dipengaruhi oleh arus actual (Is) dan waktu operasi, (T) semakin besar nilai Is dan T, maka semakin besar pula nilai TMS.
- 4) Dari pengujian *Circuit Breaker* menghasilkan urutan trip kerja secara berurutan jika terjadi gangguan maka relay yg terdekat akan bekerja terlebih dahulu dan seterusnya. Gambar urutan dari trip circuit breaker ditunjukkan dengan angka 1, 2, dan 3.
- 5) Dari simulasi kurva yang dihasilkan pada gangguan bus – bus tertentu ini menunjukkan bahwa *setting relay* sudah berjalan dengan baik sehingga tidak membuat relay bekerja tumpang tindih antar relay yang lainnya

VII. REFERENSI

- [1] Nugraha, Dio Putra. Analisis dan Perancangan Koordinasi Sistem Proteksi Rele Arus Lebih di Pusat Penampungan Produksi Menggung Pertamina Asset IV Field Cepu. [Online] 2017.
- [2] Santoso, Agus. Koordinasi Proteksi Over Current Relay di Penyulang Paliman PT. PLN RAYON SUMBER CIREBON. [Online] 2018.
- [3] Afif, Muhaimin Adri. Magatrika Universitas Gajah Mada. Pembagian Jaringan Distribusi dan Sistem Proteksinya. [Online] April 2014. <https://ugmmagatrika.wordpress.com/2014/04/26/pembagian->

- jarangan-distribusi-dan-sistem-proteksinya/., no. PECon 08, pp. 99–105, 2010.
- [4] Setiawan, Agung Hari. Media Pembelajaran Sistem Proteksi Distribusi Jaringan Listrik Berbasis Adobe Flash. [Online] 2014. erator using Matlab,” *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 9, no. 12, 2016.
- [5] Anggerose. Relai Arus Lebih. [Online] Mei 2012. <https://anggerose.wordpress.com/2012/05/08/relai-arus-lebih/>.
- [6] Akmal, Dayat. Relai Arus Lebih (Over Current Relay). [Online] Mei 2017. <https://dayat-akmal.blogspot.com/2017/05/relay-arus-lebih-over-current-relay.html?m=1>.
- [7] Mantar, Gde Komang Jaryanta Arya, Giriantari, A. Dwi and Sukerayasa, Wayan. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro. Analisis Hubung Singkat Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Penyulang Kedonganan. [Online] 2018.
- [8] P, S.T., M.Eng, Lesnanto Multa and Aridani, Restu Prima. Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Modul Pelatihan ETAP. [Online] 2013. <https://ifitalkssomething.files.wordpress.com/2013/11/modul-pelatihan-etap-september-2013.pdf>.
- [9] Permana, Alif. Alif Pustaka. Pengenalan Software ETAP 12.6.0. [Online] 2018. <https://www.alifpustaka.com/pengenalan-software-etap>.