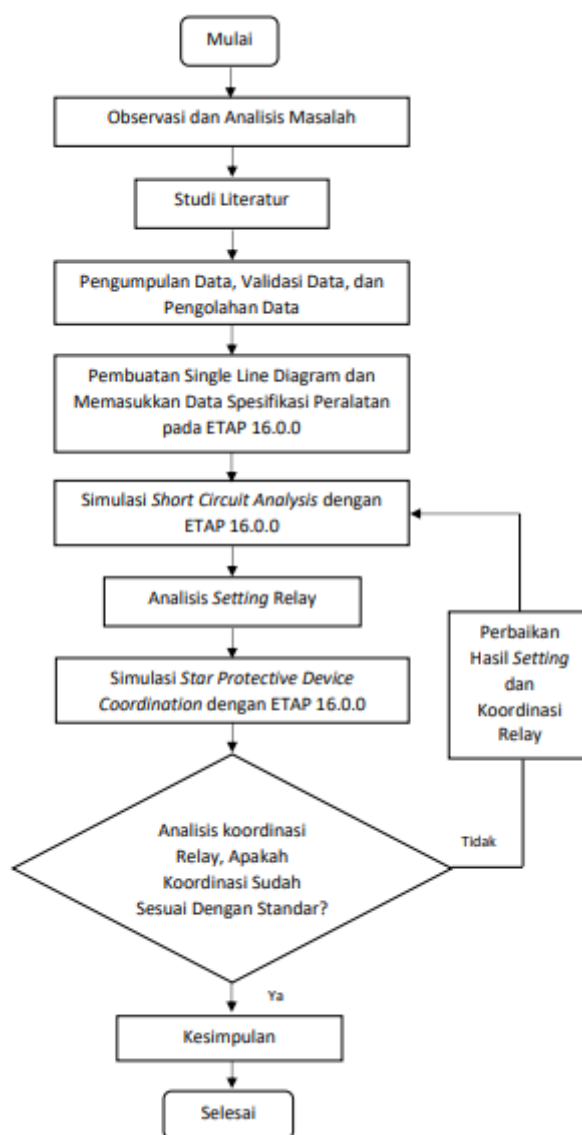


## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Flowchart Proses Kerja Penelitian

Berikut akan dijelaskan bagaimana langkah-langkah dalam evaluasi koordinasi pada Penyulang Tamansari UP3 PLN Tasikmalaya. Untuk mendapatkan koordinasi proteksi yang lebih baik.



Gambar III. 1 Flowchart Proses Kerja Penelitian

Diagram alur prosedur penelitian pada Gambar III.1 menerangkan proses kerja penelitian analisis koordinasi sistem proteksi OCR pada Penyulang Tamansari UP3 PLN Tasikmalaya terbagi menjadi beberapa tahapan. Tahapan tersebut diantaranya observasi, analisis masalah, studi literatur, pengumpulan data, validasi data, pengolahan data, pembuatan *single line diagram* dan memasukkan data spesifikasi pada ETAP 16.0.0, simulasi *short circuit* pada ETAP 16.0.0, analisis setting relay, dan simulasi *star protective relay coordination* menggunakan ETAP 16.0.0. Pada tahap simulasi *star protective relay coordination* jika koordinasi belum sesuai dengan standar koordinasi sistem proteksi maka dilakukan perbaikan hasil setting dan koordinasi relay serta dilakukan kembali perhitungan hubung singkat dan untuk mengetahui kesesuaian *resetting* koordinasi pada proteksi terpasang, dalam perbaikan *setting relay* dan koordinasi jika sudah sesuai dengan standar acuan dilanjutkan untuk kemudian dapat diambil kesimpulan.

### 3.2 Observasi dan Analisis Masalah

Merupakan tahapan melihat, mengamati dan menyelidiki masalah yang terjadi guna mengumpulkan data sebelum melakukan penelitian. Pencatatan hasil gangguan di lapangan dengan bantuan alat rekam elektronik berupa alat uji arus injeksi dengan hasil berupa laporan data, strategi atau tindakan yang akan diambil, serta tujuan yang ingin dicapai. Informasi yang didapatkan dari hasil observasi dan analisis masalah bahwa pada tanggal 8 Februari 2021 seperti tercatat adanya riwayat padam listrik yang diperoleh dari UP3 PLN Tasikmalaya disebabkan oleh putusnya kabel SUTM pada Penyulang Tamansari akibat sambaran petir. Setelah melakukan pengujian *circuit breaker testing device* yang berfungsi dalam membantu menemukan akar masalah, maka mendapatkan hasil bahwa adanya

kegagalan koordinasi antara OCR (*Overcurrent Relay*) dengan pemutus tegangan (PMT) yang disebabkan oleh gangguan 2 – *phase*. Gangguan yang terjadi pada sistem penyulang tamansari memiliki besar gangguan yang berbeda diantaranya:

R : 2784 A

S : 2723 A

T : 83 A

### 3.3 Studi Literatur

Penelitian ini dimulai dari mengumpulkan referensi sebagai acuan yang akan digunakan seperti data – data yang dibutuhkan.

Dalam penelitian ini sistem yang di analisis adalah sistem koordinasinya dari antar sistem proteksi berupa OCR menggunakan bantuan *software* ETAP 16.00 dengan beberapa komponen – komponen yang ada dengan parameter yang sesuai dengan lokasi penelitian. Dengan dilakukannya analisis ini dapat mengurangi kasus padam listrik dan meminimalisir kerusakan sistem secara meluas yang diakibatkan karena gangguan serta menyebabkan kegagalan koordinasi pada sistem proteksinya.

### 3.4 Pengumpulan Data, Validasi Data, dan Pengolahan Data

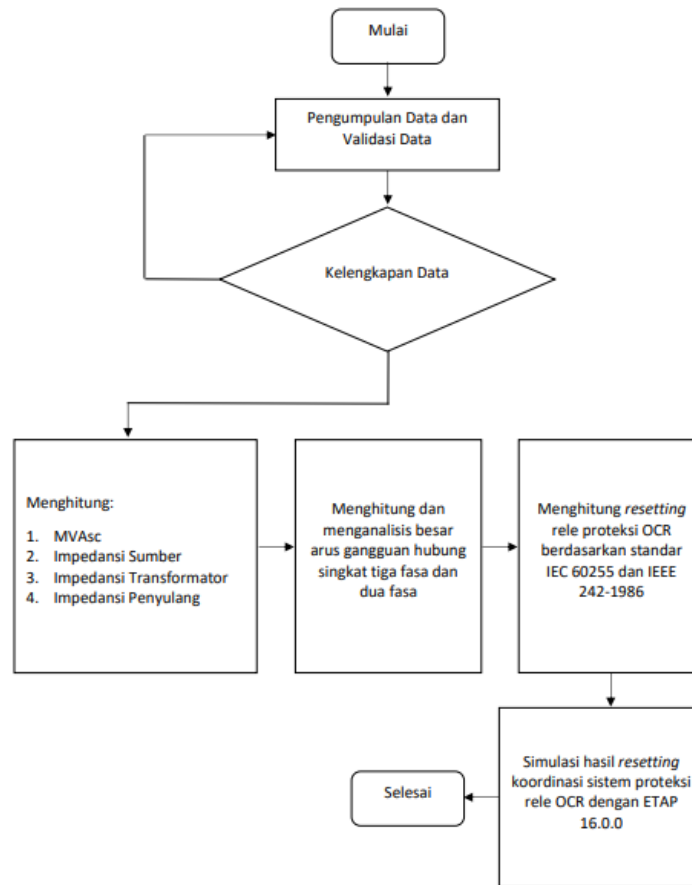
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dari UP3 PLN Tasikmalaya yang akan digunakan untuk memudahkan penelitian serta memvalidasi data untuk memastikan bahwa data yang digunakan nanti adalah data yang terbaru, akurat, dan relevan. Validasi data dilengkapi dengan surat pernyataan perusahaan terkait. Dalam tahap ini juga dilakukan pengolahan data yang sudah valid, untuk memperoleh besar arus gangguan hubung singkat dan perhitungan *resetting relay*.

Pengumpulan data yang dibutuhkan yaitu:

Tabel III. 1 Pengumpulan Data dan Validasi Data

<b>Nama Data</b>	<b>Keterangan</b>
Data Sumber	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Kapasitas daya (MVA)</li><li>2. Nominal kV</li><li>3. Reaktansi Sumber <math>X_s</math></li></ol>
Data Transformator	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Rating kVA</li><li>2. Rating kV Primer</li><li>3. Rating kV Sekunder</li><li>4. Vektor Grup</li><li>5. Impedansi Trafo</li></ol>
Data Relay OCR	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Arus Pick Up</li><li>2. Time Dial</li></ol>
Data <i>Current Transformator</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Rasio</li></ol>
Data Gangguan	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Arus gangguan yang terjadi</li></ol>
Data Pembebanan	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Rating MVA atau kVA</li></ol>
Data Penghantar	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Panjang Kabel</li><li>2. Jenis Kabel</li><li>3. Luas Penampang</li><li>4. Impedansi Kabel</li></ol>

### 3.5 Pengolahan data untuk analisis penelitian sebagai berikut:



Gambar III. 2 Alur Pengolahan Data Penelitian

Dalam pengolahan data untuk perbaikan koordinasi *relay* yang akan disimulasikan kedalam *software* ETAP, terlebih dahulu melakukan perhitungan manual untuk mendapatkan nilai *pick – up*, dan nilai *time dial* serta nilai TMS.

Perhitungan manual dapat dilakukan dengan cara:

1. Menghitung tegangan perunit, impedansi sumber, impedansi trafo, dan impedansi penyulang.
2. Menghitung arus gangguan hubung singkat antar fasa yaitu arus gangguan hubung singkat tiga fasa, dan arus gangguan hubung singkat dua fasa.
3. Menghitung *setting relay* sistem proteksi OCR.

4. Analisis perbandingan hasil perhitungan *setting* manual dengan yang terpasang dilapangan dengan melihat standar mengenai koordinasi proteksi yaitu standar IEEE 242 1986 mengenai koordinasi proteksi *overcurrent relay*, pada umumnya akan bekerja saat 0,2-0,3 detik, dan standar penentuan *setting* waktu kerja berdasarkan *grading time* antar peralatan proteksi sesuai dengan IEC 60255 sebesar 0,2-0,5 detik.

### 3.6 Pembuatan Single Line Diagram dan Memasukkan Data Pada Software

Pada tahap ini pembuatan *single line diagram* Penyulang Tamansari pada *software* ETAP dan memasukkan data yang sudah divalidasi kedalam setiap peralatan yang diperoleh dari UP3 PLN Tasikmalaya. Untuk mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan penelitian, sistem koordinasi penyulang yang akan dianalisis akan berupa *single line diagram*.

### 3.7 Simulasi Hubung Singkat

Simulasi gangguan hubung singkat dilakukan dengan ETAP 16.00 untuk mengetahui besarnya nilai arus gangguan. Analisis gangguan hubung singkat dilakukan dengan memberikan gangguan pada penghantar SUTM 20 kV di *single line diagram*. Nilai arus gangguan hubung singkat ini digunakan untuk melihat kondisi gangguan dilapangan dan sebagai pembanding dengan perhitungan manual untuk melakukan perbaikan *setting relay*.

### 3.8 Setting Relay

Pada bagian ini sebelum melakukan *resetting relay* proteksi OCR, terlebih dahulu melakukan analisis *setting existing* pada jaringan tegangan menengah

Penyulang Tamansari yang bertujuan untuk melihat kesesuaian koordinasi *relay* proteksi OCR.

### 3.9 *Star Protective Device Coordination*

*Star Protective Device Coordination* berfungsi untuk mengetahui hasil respon ketika terjadi gangguan pada titik suatu sistem kelistrikan. Pada tahap ini terdapat simulasi kondisi koordinasi. *Star Device Coordination Analysis* memungkinkan studi koordinasi peralatan proteksi dapat dilakukan secara efisien dan mudah serta membantu dalam pengambilan keputusan untuk meningkatkan *reliability, stability*, dan efisiensi system. Dalam simulasi ini penulis dapat hasil berupa kurva koordinasi relay yang akan membantu penulis dalam penyetelan ulang relay serta *sequence events* untuk mempermudah penulis memahami koordinasi kinerja sistem proteksi yang terjadi jika diberikan gangguan.

### 3.10 Perbaikan Koordinasi Relay Proteksi OCR

Setelah melakukan tahapan simulasi arus gangguan hubung singkat, kemudian menghitung penyetelan ulang (*resetting relay* OCR) berikutnya melakukan perbaikan koordinasi dengan cara membandingkan keadaan proteksi *existing* dengan hasil penyetelan ulang atau *resetting*.

Dalam tahap ini dicari nilai arus hubung singkat maksimum saat gangguan, arus hubung singkat minimum, nilai *pick – up*, dan nilai *time dial* atau TMS.

### 3.11 Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahap akhir yang menyimpulkan keseluruhan hasil dari simulasi yang terdiri dari:

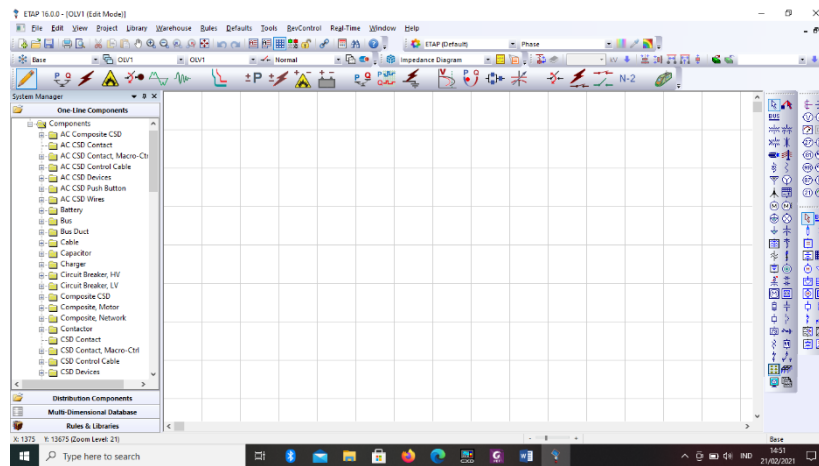
- a. Perbandingan nilai *setting* OCR *eksisting* dengan hasil *resetting*.

- b. Perbandingan kondisi koordinasi sistem proteksi *eksisting* dengan hasil *resetting*.

### 3.12 Software ETAP 16.0.0 Power Station

ETAP (Electric Transient and Analysis) merupakan suatu perangkat lunak yang digunakan untuk mendukung menyelesaikan permasalahan pada sistem tenaga listrik. ETAP telah dirancang dan dikembangkan untuk menangani beragam sistem tenaga listrik. ETAP mempermudah dalam pengeditan *single line diagram*. Dalam penelitian ini *Software ETAP* hanya digunakan untuk simulasi hubung singkat, dan membantu memvalidasi hasil analisis perhitungan perbaikan koordinasi antara relay OCR.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan *ETAP Power Station* adalah:



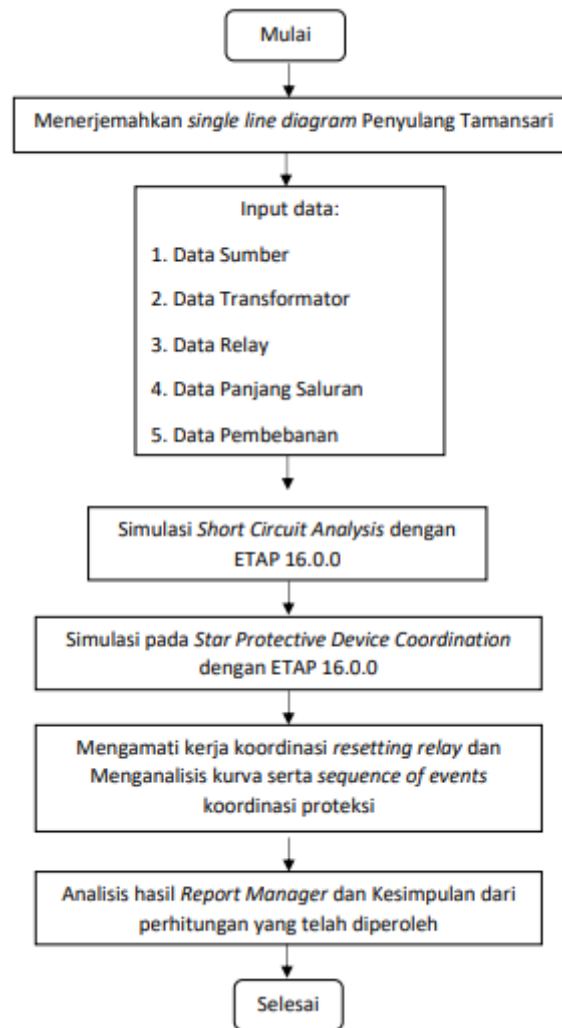
Gambar III. 3 Tampilan Lembar Kerja Software ETAP Power Station

Algoritma simulasi pada *software ETAP Power Station*:

1. Mulai.



2. Menggambar *single line diagram* Penyulang Tamansari UP3 PLN Tasikmalaya yang terdiri dari sumber, *transformator*, *line* atau penghantar, *relay*, *bus*, pemutus tenaga (CB), *current transformator* (CT), dan beban.
3. Input data yang sudah divalidasi seperti data sumber, data transformator, data *relay*, data *current transformator*, data pembebanan, data saluran, dan data impedansi setiap komponen.
4. Menjalankan fitur *short circuit analysis*
5. Melakukan simulasi ketika diberikan gangguan hubung singkat menggunakan fitur *star – protective device coordination simulation / Power Plot* yang ada pada *software* ETAP untuk mendapatkan hasil kurva koordinasi relay yang membantu penulis melakukan analisis penyetelan ulang pada relay.
6. Jika rele tidak bekerja dengan benar, maka *relay* di *setting* ulang kembali. Dan apabila relay berkerja dengan baik atau terkoordinir yaitu sensitif, keandalan, selektifitas dan cepat, dan sesuai standar IEEE 242 1986 mengenai koordinasi proteksi *overcurrent relay*, *relay* bekerja saat 0,2 – 0,4 detik. Dan sesuai dengan *setting* waktu kerja berdasarkan *grading time* atau jeda waktu antar peralatan proteksi sesuai dengan IEC 60255 sebesar 0,2 – 0,5 detik. Maka akan langsung menganalisis hasil proses simulasi dan perbandingan *resetting relay* dan sesudah di *resetting*.
7. Penarikan kesimpulan hasil simulasi dari perhitungan yang telah diperoleh.
8. Selesai



Gambar III. 4 Flowchart Proses Pelaksanaan Simulasi

### 3.13 Tempat dan Waktu Penelitian

#### a) Tempat Penelitian

Penelitian ini bertempat di PT. PLN (PERSERO) UP3 Tasikmalaya yang berlokasi di Empangsari, Tawang, Tasikmalaya 46113. Lokasi tersebut dipilih sebagai objek penelitian karena memiliki semua aspek pendukung agar penelitian dapat berjalan dengan baik.

#### b) Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2021.



### 3.15 Data *Existing* Sistem Kelistrikan

#### 3.15.1 Data Sumber (Transformator GI Baru 150/20 kV Tasikmalaya)

Tegangan	:	150 kV
Phase	:	3 Phase
Frekuensi	:	50 Hz
$I_{sc}$	:	294,007
Impedansi Sumber	:	12ohm

#### 3.15.2 Data Transformator 1 30 MVA

Daya Pengenal	:	30 MVA
Tegangan	:	150/20 kV
Vektor Grup	:	YNyn0
Impedansi (Z) (%)	:	12,02%
Tahanan Dalam (Grand Resistor)	:	12ohm
Arus Nominal Trafo	:	115,47 A

#### 3.15.3 Data Panjang Penyulang

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) UP3 Tasikmalaya, maka didapatkan panjang setiap penyulang yang di *supply* dari trafo 1 30 MVA 150/20 kV Gardu Induk Baru 150 kV Tasikmalaya seperti dibawah ini:

Cibalong (CBLO)	:	16,88 km
Cineam (CNE)	:	109,32 km

Ciledug (CLDG) : 40,75 km

Tamansari (TMSR) : 14,08 km

#### 3.15.4 Data Penghantar

Penghantar yang digunakan pada sistem setiap penyulang adalah jenis A3C-S atau AAAC-S dengan luas penampang  $150 \text{ mm}^2$  dengan jarak yang berbeda beda antara gardu distribusi satu dengan lainnya.

AAAC-S : All Aluminium Alloy Conductor, XLPE  
Insulated

Konduktor : Jalinan campuran aluminium. (*Standed  
Aluminium Alloy (AAAC)*)

Isolasi : XLPE terekstrusi

Penggunaan : Digunakan untuk jalur transmisi udara 20 kV

Jangkauan Ukuran : 35 s/d  $240 \text{ mm}^2$

Spesifikasi : SPLN 41-8:1981

SPLN 41-10:1986

Tabel III. 3 Data Impedansi Kawat Penghantar AAAC Tegangan 20 kV Menurut SPLN 64:1995

Luas Penampang ( $\text{mm}^2$ )	Impedansi Urutan Positif dan Negatif (Ohm / km)	Impedansi Urutan Nol (Ohm / km)
16	$2,0161 + j 0,4036$	$2,1641 + j 1,6911$

25	$1,2903 + j 0,3895$	$1,4384 + j 1,6770$
35	$0,9217 + j 0,3790$	$1,0697 + j 1,6665$
50	$0,6452 + j 0,3678$	$0,7932 + j 1,6553$
70	$0,4608 + j 0,3572$	$0,6088 + j 1,6447$
95	$0,3096 + j 0,3449$	$0,4876 + j 1,6324$
120	$0,2688 + j 0,3376$	$0,4168 + j 1,6324$
<b>150</b>	<b><math>0,2162 + j 0,3305</math></b>	<b><math>0,3631 + j 1,6180</math></b>
185	$0,1744 + j 0,3239$	$0,3224 + j 1,6114$
240	$0,1344 + j 0,3158$	$0,2824 + j 1,6034$

### 3.15.5 Data Transformator Daya

Tabel III. 4 Data Transformator Daya Pada Penyulang Tamansari

### 3.15.6 Data Pembebanan

<b>Nama Gardu Distribusi</b>	<b>Daya Pengenal kVA</b>	<b>Tegangan (kV)</b>	<b>Vector Grup</b>	<b>Impedansi (%)</b>
BBJ	250	20/0,4	Dyn5	4
BDA	250	20/0,4	Dyn5	4
BMC	200	20/0,4	Yyn5	4
KSSP	250	20/0,4	Dyn5	4
LSM	200	20/0,4	Dyn5	4

Tabel III. 5 Data Pembebanan Pada Penyulang Tamansari

PDK	250	20/0,4	Dyn5	4
Nama Gardu	Distribusi	Total Beban (kVA)		
RHY	250	20/0,4	Dyn5	4
BBJ		153,20		
RIT	200	20/0,4	Dyn5	4
BDA		114,00		
SDG	250	20/0,4	Dyn5	4
BMC		124,40		
STY	100	20/0,4	Dyn5	4
KSSP		202,10		
TGJ	360	20/0,4	Dyn5	4
LSM		23,01		
SRHY	160	20/0,4	Yyn5	4
PDK		117,65		
PSBL	250	20/0,4	Dyn5	4
RHY		180,78		
PGMJ	200	20/0,4	Dyn5	4
RIT		110,86		
SBBJ	100	20/0,4	Dyn5	4
SDG		188,03		
HJDN	100	20/0,4	Dyn5	4
STY		85,50		
CCTL	160	20/0,4	Dyn5	4
TGJ		113,68		
PKCT	1000	20/0,4	Dyn5	4
SRHY		105,99		
SBDA	100	20/0,4	Yyn5	4
PSBL		37,23		
PBLS	100	20/0,4	Dyn5	4
PGMJ		96,93		
BUKA	50	20/0,4	Dyn5	4
SBBJ		87,85		
PEKA	160	20/0,4	Dyn5	4
HJDN		44,92		
ADAM	100	20/0,4	Yyn5	4
CCTL		58,60		

HANA PKCT	100	20/0,4	160 Dyn5	4
TEDI SBDA	100	20/0,4	60,57Yyn5	4
LENA PBL5	100	20/0,4	30,65Dyn5	4
PVCA BUKA	100	20/0,4	7,04 Dyn5	4
PACI PEKA	100	20/0,4	60,38Dyn5	4
SPGI ADAM	100	20/0,4	23,05Yyn5	4
DUHI HANA	160	20/0,4	22,82Yyn5	4
PAJB TEDI	100	20/0,4	63,51Dyn5	4
PHTT LENA	200	20/0,4	76,49Dyn5	4
RNUN PVCA	250	20/0,4	13,00Dyn5	4
TEJA PACI	200	20/0,4	9,40 Dyn5	4
PETA SPGI	100	20/0,4	46,30Yyn5	4
SIRY DUHI	160	20/0,4	31,23Yyn5	4
PBST PAJB	250	20/0,4	0,65 Dyn5	4
RUSA PHTT	100	20/0,4	62,56Dyn5	4
SSBL RNUN	250	20/0,4	35,97Dyn5	4
VIKA TEJA	100	20/0,4	38,93Yyn5	4
HEJO PETA	250	20/0,4	66,42Yyn5	4



PART SIRY	100	20/0,4	104,87Yyn5	4
PSBT		94,12		
RUSA		5,98		
SSBL		98,87		
VIKA		15,73		
HEJO		96,56		
PART		1,58		

### 3.15.7 Data Rele Pengaman

Tabel III. 6 Data Rele Arus Lebih (Overcurrent Relay)

ID Relay	Spesifikasi	
Relay OCR Incoming Sisi 20 kV	Type	SIEMENS SIPROTEC 7SJ6211
	Karakteristik	Standar Inverse (SI)
	Pick-up	5200 A
	$I_{set}$	26 A
	TMS	0,26
	Rasio CT	1000:5

Relay OCR Outgoing Sisi Penyulang	Type	MICOM P 123
	Karakteristik	Standar Inverse (SI)
	Pick-up	296 A
	$I_{set}$	1,85
	TMS	0,18
	Rasio CT	800:5
Recloser Sisi Penyulang	Type	SCHNEIDER
	Karakteristik	Standar Inverse (SI)
	Pick-up	260 A
	$I_{set}$	0,26
	TMS	0,05
	Rasio CT	1000:1