

BAB III

METODE PENELITIAN

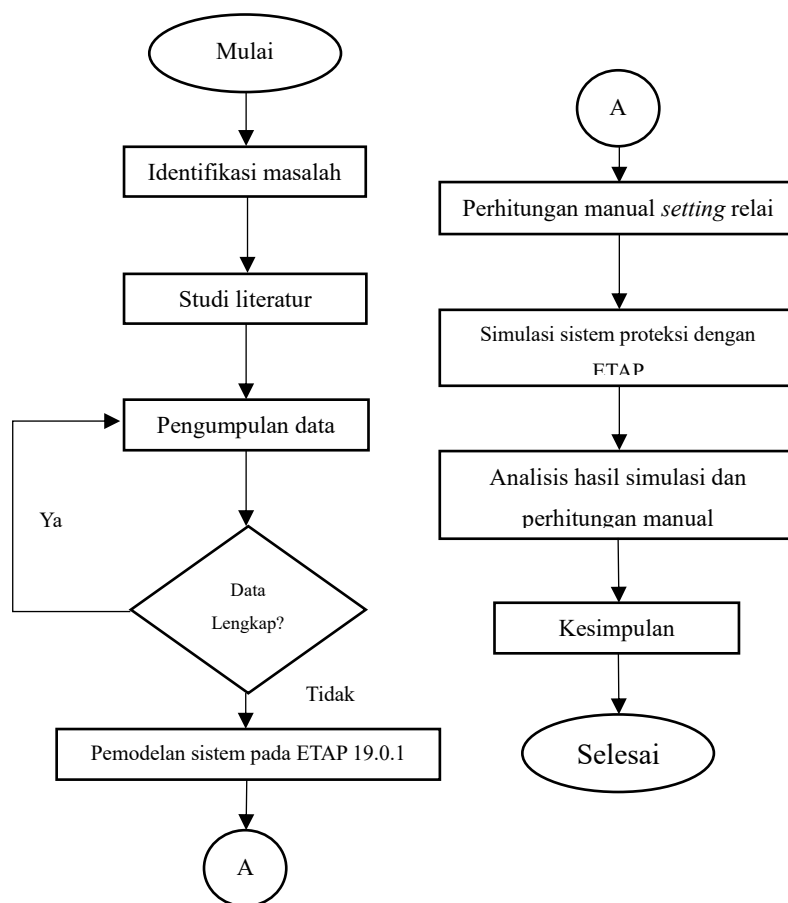
3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif kuantitatif berbasis studi kasus, dengan pendekatan pemodelan sistem tenaga menggunakan perangkat lunak ETAP 19.0.1. Studi ini dilakukan untuk menganalisis dan mengevaluasi *setting* relai proteksi yang terpasang pada gardu induk yang berada di bawah pengawasan UP2D Bandung, khususnya pada penyulang PANA di Gardu Induk Patuha.

Metode deskriptif kuantitatif dipilih karena permasalahan yang dikaji bersifat teknis dan dapat diukur secara numerik, seperti nilai arus hubung singkat, *pickup current*, dan waktu kerja relai. Proses evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan manual dengan hasil simulasi ETAP terhadap kinerja sistem proteksi eksisting. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah pengaturan relai saat ini sudah memenuhi prinsip selektivitas, kecepatan, keandalan, dan kesesuaiannya dengan kesepakatan *setting*.

Perangkat lunak ETAP digunakan sebagai media simulasi karena mampu merepresentasikan karakteristik sistem tenaga secara komprehensif melalui visualisasi single line diagram dan analisis time current characteristic (TCC). Simulasi dilakukan terhadap kondisi gangguan tiga fasa pada titik-titik kritis jaringan. *Output* dari simulasi ini kemudian dianalisis untuk mengevaluasi koordinasi antar relai, termasuk interval waktu kerja dan kecocokan karakteristik relai utama dan cadangan.

Tahapan dalam desain penelitian ini mencakup: pengumpulan data primer dan sekunder, pemodelan jaringan berdasarkan diagram satu garis (SLD), simulasi gangguan menggunakan ETAP, analisis hasil simulasi, serta perbandingan dengan hasil perhitungan manual. Hasil dari seluruh tahapan tersebut menjadi dasar untuk menyimpulkan apakah *setting* relai eksisting sudah sesuai dan dapat diandalkan, atau perlu dilakukan penyempurnaan.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.

Proses penelitian, yang dimulai dengan identifikasi masalah, tinjauan literatur, dan pengumpulan data, digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1. Setelah data dianggap sesuai, ETAP 19.0.1 digunakan untuk pemodelan sistem, dan parameter relai kemudian dihitung secara manual. Berdasarkan konsep selektivitas relai dan kecepatan operasi, hasil simulasi ETAP kemudian dibandingkan dengan perhitungan manual untuk memeriksa konsistensinya. Langkah terakhir adalah menarik kesimpulan dari temuan analisis.

3.2 Lokasi Penelitian

Secara administratif, lokasi studi ini berada di bawah pengawasan PT PLN (Persero) UP2D Bandung yang berlokasi di Jl. Dr. Ir. Sukarno No.03, Braga, Kec. Sumur Bandung, Kota Bandung, Jawa Barat 40111, yang bertanggung jawab utama atas pengelolaan sistem distribusi listrik di wilayah Jawa Barat, termasuk regulasi sistem proteksi gardu induk. Fokus teknis studi ini adalah pada satu gardu induk

yang merupakan bagian dari jaringan distribusi UP2D Bandung. Pada kenyataannya, gardu induk ini dilengkapi dengan pengaturan relai OCR pada sisi penyulang *incoming* dan *outgoing*.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian analisis *setting* relai OCR pada gardu induk Patuha khususnya di penyulang PANA ini ada beberapa metode pengumpulan data yang dilakukan oleh penyusun berkaitan dengan pengumpulan data. Adapun metode pengumpulan tersebut sebagai berikut:

a. Observasi

Pengumpulan data melalui metode observasi dilakukan dengan memperoleh data teknis secara langsung di lapangan (data eksisting), meliputi informasi mengenai *setting* proteksi terbaru, kapasitas penyulang, data gardu induk Patuha, serta data pembebanannya.

b. Wawancara

Dalam rangka memperoleh data yang valid, peneliti melakukan teknik wawancara selama proses observasi dengan menyampaikan sejumlah pertanyaan terstruktur kepada pembimbing lapangan penyusun pada saat melakukan observasi di PT PLN (Persero) UP2D Jawa Barat yang bertugas menganalisa *setting* proteksi distribusi. Fokus pertanyaan meliputi aspek proteksi distribusi, manajemen proteksi UID Jawa Barat serta kesepakatan bersama mengenai *setting* proteksi.

c. Studi literatur

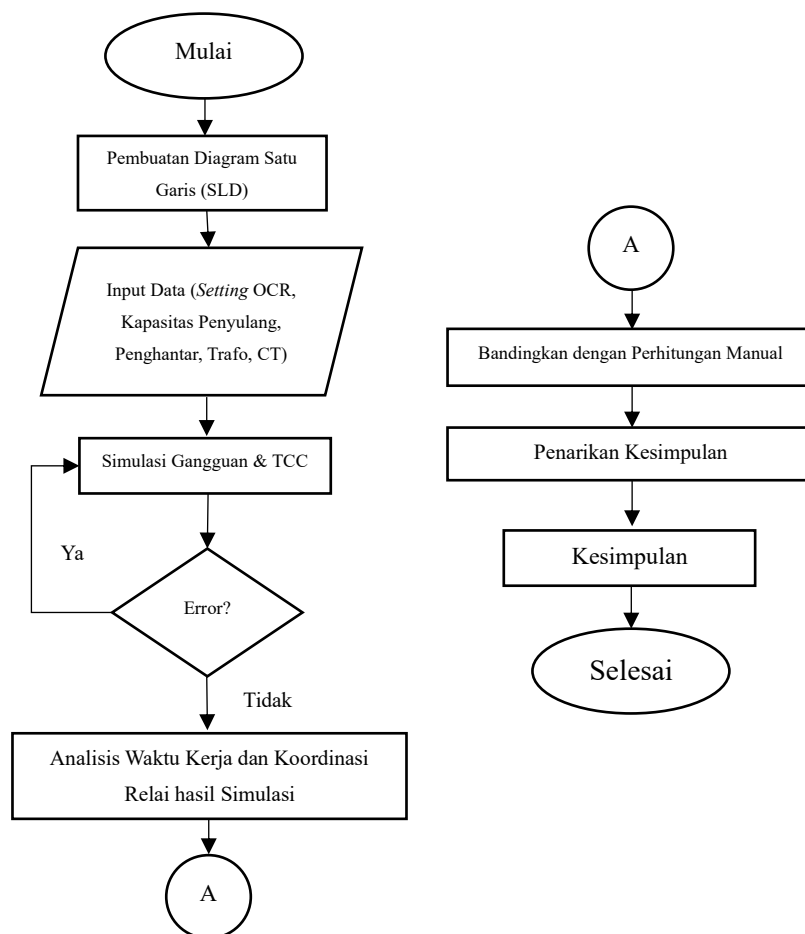
Berbagai teori yang relevan dengan penelitian ini dikumpulkan untuk studi literatur dari manual PT PLN (Persero), buku teks, jurnal, makalah ilmiah, dan internet.

Selain itu, PT PLN (Persero) menyediakan data teknis yang digunakan dalam penelitian ini secara langsung.

3.4 Metode Pengolahan Data

Untuk mensimulasikan sistem perlindungan pada jaringan distribusi 20 kV dalam studi ini menggunakan perangkat lunak ETAP versi 19.0.1. Langkah pertama

dalam pengolahan data adalah membuat diagram satu garis pada ETAP data yang digunakan berupa data eksisting dari penyulang dan gardu induk yang diamati. Arus hubung singkat, karakteristik relai, spesifikasi transformator, dan CT termasuk di antara data yang dimasukkan.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Simulasi ETAP

Setelah model sistem dibangun, fitur *Time Current Characteristic* (TCC) pada ETAP digunakan untuk melakukan analisis koordinasi perlindungan dan simulasi gangguan. Tujuan simulasi ini adalah untuk mengevaluasi selektivitas dan waktu operasi relai menggunakan parameter yang ditentukan secara manual. Untuk memastikan apakah pengaturan relai arus sudah sesuai atau perlu disesuaikan, hasil simulasi kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan perhitungan manual. Gambar 3.2 menampilkan alur penggunaan etap.

3.5 Data-Data Penunjang Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa data penunjang yang digunakan untuk mendukung proses simulasi dan analisis sistem proteksi pada jaringan distribusi 20 kV. Data penunjang tersebut diperoleh dari hasil pengumpulan data selama kegiatan praktik industri serta hasil koordinasi dengan pihak teknis UP2D Bandung. Data ini digunakan sebagai acuan untuk membangun model sistem pada perangkat lunak ETAP 19.0.1 dan sebagai dasar dalam melakukan perhitungan manual *setting* relai.

3.5.1 Data Penyulang PANA

Pada tabel 3.1 menunjukkan kapasitas penyulang PANA yang menjadi objek pengamatan dalam penelitian ini. Penyulang PANA memiliki panjang saluran sebesar 45,2 km dengan arus beban sebesar 93 A dan daya sebesar 3,2 MVA. Tegangan yang terukur di sisi pangkal adalah sebesar 20 kV. Data ini digunakan sebagai dasar dalam perhitungan beban aktual dan menjadi acuan dalam analisis *setting* relai proteksi pada sisi *outgoing* gardu induk.

Tabel 3. 1 Kapasitas Penyulang PANA

Penyulang	Panjang (km)	Arus (A)	Beban (MVA)	Tegangan
				Pangkal Terukur (kV)
PANA	45,2	93	3,2	20

3.5.2 Data Gardu Induk Patuha

a. Data Transformator Tenaga

Pada tabel 3.2 menyajikan spesifikasi transformator tenaga yang digunakan di Gardu Induk Patuha. Transformator bermerek UNINDO ini memiliki daya nominal sebesar 60 MVA dengan rasio tegangan 150/20 kV dan impedansi sebesar 12,19%. Arus nominal sekunder transformator adalah sebesar 230,94 A, dengan rasio Current Transformer (CT) 2000/5. Data ini menjadi penting dalam perhitungan impedansi dan arus hubung singkat serta menentukan nilai *setting* relai pada sisi *incoming* gardu induk.

Tabel 3. 2 Spesifikasi Transformator 1

<i>Merk</i>	UNINDO
<i>Daya</i>	60 MVA
<i>Tegangan</i>	150/20 kV
<i>Impedansi (Z%)</i>	12,19 %
<i>Tegangan Primer</i>	150 kV
<i>Tegangan Sekunder</i>	20 kV
<i>Arus Nominal</i>	230,94
<i>Rasio CT</i>	2000/5

b. Data Eksisting OCR sisi *Incoming* 20 kV

Tabel 3.4 menyajikan data *setting* Overcurrent Relai (OCR) yang terpasang pada sisi *incoming* 20 kV Gardu Induk Patuha. Relai yang digunakan adalah merk Schneider tipe MICOM P123 dengan karakteristik kurva *Standard Inverse*. Relai ini memiliki I_{set} sebesar 1,04, dengan rasio CT 2000/1 dan TMS 0,23 s. Data ini digunakan sebagai acuan dalam melakukan analisis kinerja dan selektivitas relai pada sisi *incoming* terhadap gangguan yang terjadi di sistem.

Tabel 3. 3 *Setting* OCR di Sisi *Incoming*

<i>Merk</i>	SCHNEIDER
<i>Type</i>	MICOM P123
<i>Karakteristik</i>	Standar Inverse
<i>I_{set} OCR</i>	1,04
<i>Rasio CT</i>	2000/1
<i>TMS OCR</i>	0,23

c. Data Eksisting OCR sisi *Outgoing* PANA 20 kV

Pada tabel 3.5 menampilkan data *setting* relai OCR pada sisi *outgoing* penyulang PANA. Relai yang digunakan masih sama, yaitu Schneider MICOM P123 dengan karakteristik kurva *Standard Inverse*. Nilai I_{set} pada sisi ini adalah 0,67, dengan rasio CT 600/5 dan TMS 0,2 kV. Informasi ini

menjadi dasar dalam menentukan *setting pickup current* dan waktu kerja relai *outgoing* serta digunakan dalam proses analisis koordinasi antar relai.

Tabel 3. 4 *Setting OCR di Sisi Outgoing*

<i>Merk</i>	SCHNEIDER
<i>Type</i>	MICOM P123
<i>Karakteristik</i>	Standar Inverse
<i>I_{set} OCR</i>	0,67
<i>Rasio CT</i>	600/5
<i>TMS OCR</i>	0,2

d. Data Penghantar

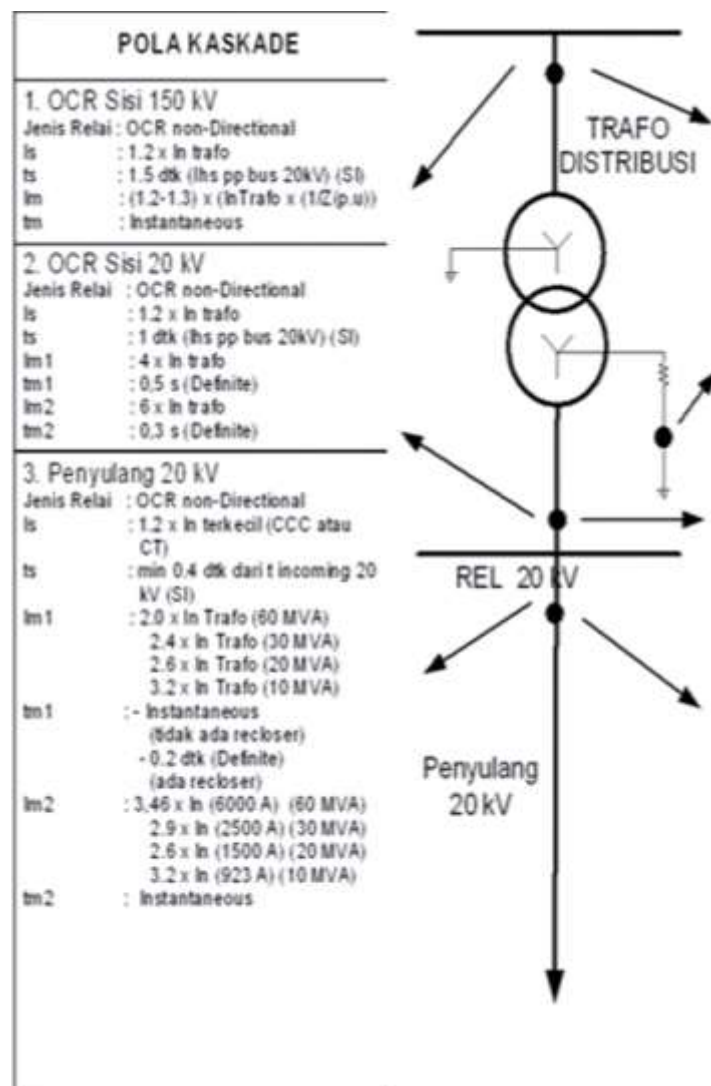
Tabel 3.4 berisi data teknis dari penghantar penyulang PANA yang digunakan sebagai saluran distribusi 20 kV. Jenis konduktor yang digunakan adalah A3C dengan luas penampang 150 mm² dan panjang saluran mencapai 45,2 km. Impedansi urutan positif konduktor tercatat sebesar 0,1262 + j0,3305 ohm, sedangkan impedansi urutan nolnya adalah 0,3631 + j1,6180 ohm. Nilai impedansi ini digunakan dalam perhitungan arus hubung singkat, analisis penurunan tegangan, serta dalam pemodelan sistem pada perangkat lunak ETAP.

Tabel 3. 5 Data Penghantar Penyulang PANA

Jenis Penghantar	Ukuran (mm ²)	Panjang Penghantar (Km)	Impedansi Urutan Positif (Z ₁)	Impedansi Urutan Nol (Z ₀)
A3C	150 mm ²	45,2 Km	0,2162 + j 0,3305	0,3631 + j 1,6180

e. Update Kesepakatan *Setting* Koordinasi Proteksi Penyulang-Trafo 2024 PLN UP2D Jabar

Pada gambar 3.3 menunjukkan standar kesepakatan koordinasi proteksi sistem distribusi antara penyulang dan trafo berdasarkan update *setting* koordinasi proteksi penyulang-trafo tahun 2024 PLN UP2D JABAR.



Gambar 3. 3 Standarisasi Kesepakatan Proteksi Penyulang

Fokus pada bagian OCR (*Overcurrent Relai*), terdapat pengaturan untuk, sisi 20 kV, dan penyulang 20 kV. pada sisi 20 kV, OCR di *setting* dengan nilai *pickup* sebesar $1,2 \times I_{\text{nominal}}$ trafo dan memiliki dua tingkat waktu kerja, yaitu definite time dan inverse time dengan kelipatan arus tertentu. Data ini dijadikan acuan utama dalam melakukan perhitungan *setting* dan simulasi koordinasi proteksi OCR pada penelitian ini agar selaras dengan standar operasional proteksi sistem distribusi yang berlaku di wilayah JAMALI.