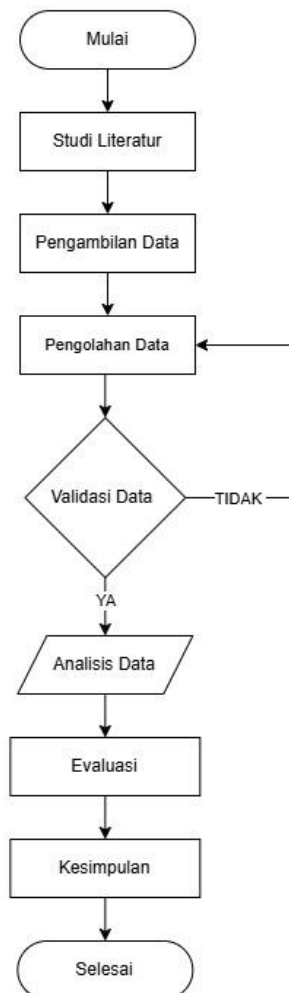


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Desain penelitian merupakan kerangka konseptual yang memuat pendekatan metodologis serta teknik-teknik yang digunakan oleh peneliti dalam menjalankan suatu penelitian secara sistematis. Melalui desain ini diharapkan penelitian yang dilakukan dapat mencapai target yang ditentukan dan penelitian dapat berjalan sesuai dengan alurnya. Untuk diagram dari desain penelitian, dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3. 1 *Flowchart* Desain Penelitian

Berdasarkan diagram alur pada Gambar 3.1 tahapan tersebut akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Tahap ini dilakukan untuk memperoleh landasan teoritis yang relevan dengan topik penelitian, terutama terkait standar IEC 61850, *GOOSE Message*, sistem proteksi *non-cascade*, serta transformator dan IED yang digunakan. Studi ini mencakup jurnal, buku teks, serta dokumen teknis terkait sistem proteksi tenaga listrik.

2. Pengambilan Data

Setelah teori terkumpul, dilakukan pengambilan data primer dan sekunder yang relevan. Data yang dikumpulkan mencakup konfigurasi perangkat, parameter proteksi, dan hasil pengujian *GOOSE Message*. Data ini diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan, dokumentasi teknis, dan hasil simulasi atau pengujian menggunakan perangkat lunak seperti S1 Agile.

3. Pengolahan data

Pada tahap ini, data yang telah di kumpulkan selanjutnya di lakukan pengolahan untuk menghasilkan nilai *setting* relay serta konfigurasi *GOOSE message*.

4. Validasi Data

Data yang telah diolah kemudian divalidasi untuk memastikan akurasi dan kesesuaiannya terhadap kebutuhan penelitian. Jika data tidak valid, maka dilakukan proses pengambilan ulang hingga memperoleh data yang layak dianalisis.

5. Analisis Data

Pada tahap ini, data yang telah divalidasi dianalisis untuk menilai kinerja sistem proteksi *non-cascade* berbasis *GOOSE Message*, terutama dari segi waktu respon, keandalan komunikasi, dan efektivitas koordinasi antar perangkat IED.

6. Evaluasi

Hasil analisis kemudian dievaluasi untuk membandingkan temuan penelitian dengan teori serta studi sebelumnya. Evaluasi ini juga digunakan untuk mengukur apakah sistem yang diuji telah memenuhi standar atau kriteria performansi yang diharapkan.

7. Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi, ditarik kesimpulan mengenai efektivitas penggunaan *GOOSE Message* berbasis IEC 61850 dalam sistem proteksi non-cascade pada Trafo 3 di GIS Kiaracandong. Kesimpulan ini juga menjadi dasar untuk memberikan saran pengembangan atau penelitian lanjutan.

3.2 Objek dan Lokasi Penelitian

Objek utama dalam penelitian ini adalah sistem proteksi transformator pada Trafo 3 GIS Kiaracandong, yang digunakan sebagai studi kasus lapangan. Penelitian berfokus pada implementasi komunikasi *GOOSE Message* (*Generic Object Oriented Substation Event*) berbasis standar IEC 61850, dengan pendekatan koordinasi proteksi *non-cascade* untuk meningkatkan kecepatan dan akurasi respon sistem terhadap gangguan. Lokasi Gardu Induk Kiaracandong ditampilkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Lokasi Gardu Induk Kiaracandong

(Sumber: *Google Maps*)

keterbatasan akses terhadap sistem proteksi di GI Kiaracandong secara langsung, maka simulasi dan pengujian dilakukan di Laboratorium ULTG Bandung Barat menggunakan dua buah relay fisik (IED) yang dikonfigurasi untuk

merepresentasikan sistem proteksi Trafo 3. Pengujian ini mencakup implementasi komunikasi *Goose Message* antar relay, logika trip proteksi, dan pengukuran waktu respon sistem terhadap gangguan, sehingga tetap mencerminkan kondisi teknis dari sistem aktual di lapangan. Lokasi PT PLN ULTG Bandung Barat ditampilkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Lokasi PT PLN ULTG Bandung Barat

(Sumber: *Google Maps*)

3.3 Instrumen Penelitian

Untuk memperoleh data penelitian yang akurat, sistematis, dan komprehensif, peneliti menggunakan berbagai instrumen penelitian sebagai alat bantu utama dalam proses pengumpulan dan validasi data. Instrumen ini berperan penting dalam memfasilitasi peneliti untuk mendapatkan informasi yang akurat dan relevan sesuai dengan tujuan penelitian.

3.3.1 Teknik Pengumpulan Data Penelitian

Uraian prosedur proses pengumpulan data penelitian yang dilakukan oleh peneliti, antara lain:

1. Studi Literatur

Metode pengumpulan data melalui studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teori yang mencakup pemahaman terhadap standar IEC 61850, khususnya *GOOSE Message (Generic Object Oriented Substation Event)* sebagai mekanisme utama dalam pertukaran data proteksi berbasis jaringan Ethernet. Selain itu, literatur juga digunakan untuk memahami prinsip kerja sistem proteksi transformator daya, termasuk

konfigurasi dan strategi pola pengaman *non-cascade* yang menjadi fokus penelitian.

2. Diskusi

Metode kedua yang digunakan merupakan diskusi dimana metode ini dilakukan dengan berdiskusi dengan pihak yang terkait pada proses penelitian. Pada penelitian ini penulis melakukan diskusi secara langsung dengan pihak PT. PLN ULTG Bandung Barat untuk mendapatkan data dan pengetahuan mendalam mengenai penelitian.

3. Bimbingan

Metode ketiga yang digunakan yakni pengumpulan data berbasis bimbingan, metode ini dilakukan dengan diskusi dan konsultasi dengan dosen pembimbing penelitian dari Program Studi Teknik Elektro Fakultas Pendidikan Teknik dan industri Universitas Pendidikan Indonesia, dan pihak lainnya yang telah membantu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

4. Observasi

Metode terakhir yang digunakan adalah metode Observasi atau pengamatan secara langsung di laboratorium, Observasi langsung dilakukan terhadap dua buah relay IED (*Intelligent Electronic Devices*) yang dikonfigurasi untuk saling berkomunikasi menggunakan *GOOSE Message*. Di lanjutkan dengan Pengujian dan Simulasi Gangguan arus lebih (overcurrent) pada sistem yang disimulasikan di laboratorium.

Melalui berbagai prosedur pengumpulan data yang telah dilakukan, diharapkan dapat diperoleh data penelitian yang akurat dan terverifikasi sebagai dasar dalam menganalisis konfigurasi sistem proteksi dan performa kerja relay berbasis *GOOSE Message*. Informasi teknis yang dikumpulkan akan sangat membantu dalam mengidentifikasi setting proteksi, pola komunikasi antar IED, serta respons relay terhadap gangguan pada sistem distribusi.

3.3.2 Data Penelitian

Data yang di peroleh dari hasil teknik pengumpulan data penelitian yang dilakukan oleh peneliti, antara lain:

1. Spesifikasi Transformator

Tabel 3.1 menunjukkan spesifikasi transformator 3 yang digunakan di Gardu Induk Kiaracandong.

Tabel 3. 1 Spesifikasi transformator.

Merek	UNINDO
Tipe	PDOR 30 000 170
Daya	60 MVA
Impedansi	12.5%
Tegangan	150/20 kV
Hubung Belitan	YNyn0

2. Spesifikasi Relay *incoming*

Tabel 3.2 merupakan spesifikasi relai pada *incoming* yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3. 2 Spesifikasi relai di *incoming*.

Merek	NR Electric CO.,Ltd.
Tipe	PCS-9611S
Nomor Seri	NRJB2145332290148
Rasio CT	2000/5
Karakteristik	<i>Standard Inverse</i>
Arus Nominal	1A/5A

3. Spesifikasi Relay *penyulang*

Tabel 3.3 merupakan spesifikasi relai pada Penyulang yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3. 3 Spesifikasi relai di penyulang.

Merek	Areva
Tipe	P442
Nomor Seri	31534758/10/10
Rasio CT	800/5
Karakteristik	<i>Standard Inverse</i>
Arus Nominal	5 A

4. Spesifikasi Kabel penghantar pada penyulang

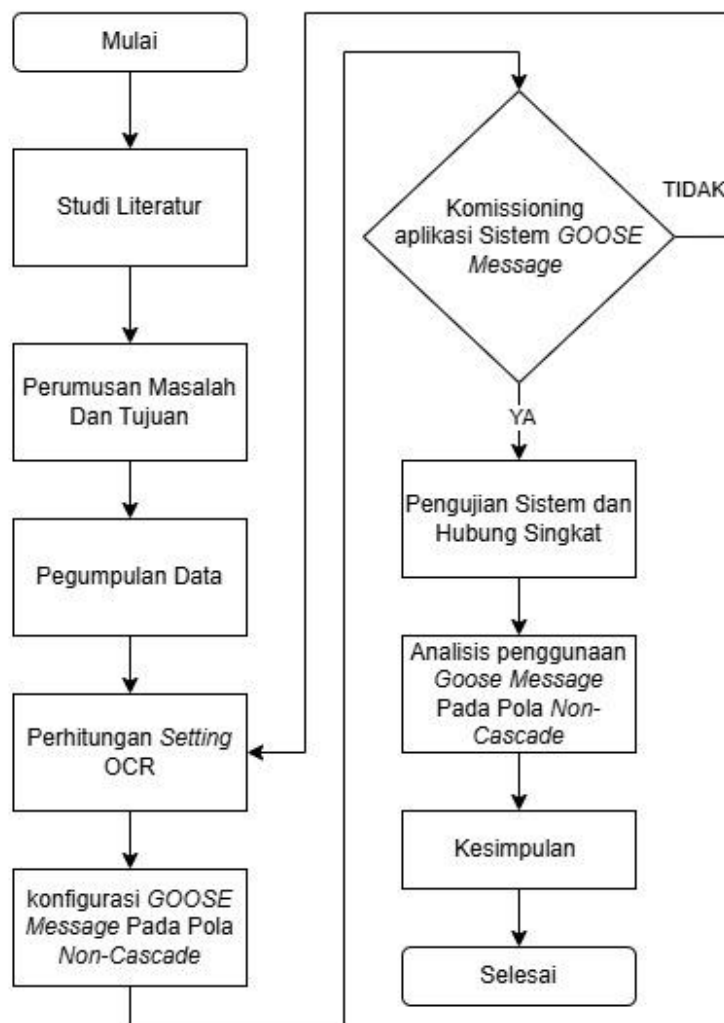
Tabel 3.4 merupakan spesifikasi Kabel penghantar pada penyulang yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3. 4 Spesifikasi kabel penghantar pada penyulang.

Type	N2XSEALCAY
Size	150 mm ²
Current carryng capacity	373 A

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian pada penelitian kali ini dituangkan dalam bentuk *flowchart* yang dapat dilihat pada gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3. 4 *Flowchart* Prosedur Penelitian

Flowchart pada Gambar 3.4 menggambarkan prosedur penelitian mengenai penerapan GOOSE Message berbasis IEC 61850 dalam sistem proteksi *non-cascade* pada Trafo 3 di GIS Kiaracandong. Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur untuk memperoleh pemahaman teoritis terkait sistem proteksi tenaga listrik, protokol komunikasi *GOOSE*, serta struktur standar IEC 61850 yang menjadi dasar penelitian. Setelah itu, perumusan masalah dan tujuan disusun untuk menjawab tantangan aktual di lapangan, terutama terkait waktu respons dan efektivitas koordinasi proteksi antar perangkat.

Tahap selanjutnya adalah proses pengumpulan data yang mencakup dokumen teknis seperti data transformator, parameter relay, dan pengaturan proteksi yang digunakan di lapangan. Data yang diperoleh digunakan untuk melakukan perhitungan *setting Overcurrent Relay (OCR)*, termasuk arus pickup, waktu kerja, dan pengaturan TMS. Setelah *setting* ditentukan, dilakukan konfigurasi sistem komunikasi *GOOSE Message* dalam pola *non-cascade*, di mana masing-masing relay dapat saling berkomunikasi langsung tanpa ketergantungan berantai seperti pada pola *cascade*.

Proses dilanjutkan dengan komisioning sistem *GOOSE Message* untuk memastikan komunikasi antar IED berjalan sesuai skenario proteksi. Jika berhasil, dilakukan pengujian sistem terhadap gangguan aktual atau simulasi hubung singkat untuk mengevaluasi kecepatan dan akurasi respons proteksi. Seluruh hasil pengujian dianalisis guna menilai kinerja sistem dan efektivitas skema *non-cascade* dalam mempercepat proses trip. Akhirnya, penelitian ditutup dengan penarikan kesimpulan dan penyusunan rekomendasi teknis untuk meningkatkan keandalan sistem proteksi pada gardu induk berbasis digital.

3.4.1 Konfigurasi *Goose Publisher*

1. Tentukan IED name : dalam satu jaringan ethernet IEC 61850, masing-masing IED name harus unik
2. Tentukan IP address : dalam satu jaringan ethernet IEC 61850, masing-masing IP address IED sebaiknya unik, karena ada beberapa pabrikan yang bermasalah ketika IP address nya tidak unik.

3. Buat DataSet : yang berisi data-data yang akan dikirimkan melalui *Goose*. Data yang dikirimkan melalui *Goose* biasanya berupa DA/Data Attribute, Seperti interlocking, tripping , blocking.
4. Buat *Goose* : *Goose* berisi DataSet. Jumlah *Goose* dan DataSet, dibuat sesuai kebutuhan. Tidak seperti report pada MMS (di mana 1 report hanya bisa untuk 1 client), pada *Goose*, 1 *Goose* bisa digunakan untuk banyak subscriber.

3.4.2 Konfigurasi *Goose Subscriber*

1. Ambil file SCL-Substation Configuration Language (CID, ICD, IID) dari IED yang menjadi *Goose publisher*. File SCL ini merupakan file konfigurasi IEC 61850 dari satu atau beberapa IED yang ada pada SOGI.
2. Import file SCL tersebut menggunakan software IEC Configurator Tool (software konfigurator dari IED yang menjadi *Goose subscriber*)
3. Pilih *Goose* yang akan diambil : 1 *Goose* bisa digunakan untuk banyak *subscriber*.
4. Mapping data yang dikirimkan oleh *Goose Publisher* ke dalam database/konfigurasi IED yang menjadi *Goose Subscriber* : mapping ini bisa diartikan mapping ke virtual input yang ada di IED subscriber, di mana virtual input ini akan diproses lebih lanjut, misalnya untuk interlocking, tripping, blocking dan lain-lain.

3.4.3 Pengujian

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem proteksi bekerja secara tepat dan berada dalam batas zona proteksi yang telah dirancang. Dalam penelitian ini, alat yang digunakan untuk simulasi gangguan adalah Omicron CMC 356 yang berfungsi sebagai alat injeksi arus dan tegangan primer. Prosedur pengujian dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

1. Persiapan dan Perakitan Alat injeksi Omicron CMC 356 dirangkai dengan menghubungkan grounding perangkat, menyambungkan kabel sumber tegangan AC 220 V. Selain itu, kabel USB-B dari Omicron dihubungkan ke laptop uji untuk proses konfigurasi dan monitoring melalui perangkat lunak Test Universe.

2. Pemasangan kabel injeksi ke terminal input relay. Hal ini bertujuan untuk mengalirkan sinyal injeksi arus atau tegangan dari alat Omicron secara langsung ke terminal input relay proteksi yang akan diuji.
3. Identifikasi Wiring dan Posisi Kontak Uji Sebelum injeksi dilakukan untuk memastikan letak terminal yang tepat. Identifikasi dilakukan terhadap posisi fasa arus R, S, T, serta netral N pada terminal relay untuk menjamin bahwa arus uji masuk ke kanal input relay yang sesuai.
4. Menyalakan perangkat uji Setelah semua koneksi terpasang, alat injeksi Omicron dan laptop uji dinyalakan. Hal ini bertujuan untuk memulai proses komunikasi antara perangkat uji dan perangkat lunak pengendali.
5. Menjalankan aplikasi test universe aplikasi test universe dibuka melalui laptop uji yang terhubung dengan omicron CMC 356. Injeksi dilakukan untuk memverifikasi apakah *Goose Message* berhasil dikirim dan diterima serta memicu operasi trip pada relay subscriber.

3.5 Analisis Data Penelitian

Analisis data penelitian adalah tahapan penting dalam melakukan analisis penggunaan dan setting *GOOSE Message* pada sistem pola *non-cascade*. Dalam penelitian ini didukung oleh beberapa perangkat berupa perangkat keras maupun lunak, perangkat keras berupa Laptop dengan spesifikasi sistem operasi *Windows 11 Pro, 23H2 64-bit operating system, x64-based processor, processor 10th Gen Intel(R) Core (TM) i5-10210U @ 1.60GHz dan RAM 8 GB*. dan perangkat lunak berupa Microsoft Office 2019, Mendeley Reference Manager, Microsoft Edge, S1 Agile, PCS Studio, IEC 61850 *Configurator* dan Google Chrome.

Data sekunder yang didapatkan lalu dilakukan pengolahan dan interpretasi terhadap parameter setting relay seperti arus pickup ($I>$, $I>>$, $I>>>$) dan waktu kerja relay (trip time). Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai *setting* aktual dengan kondisi gangguan yang disimulasikan.