

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Energi listrik memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari dan perkembangan teknologi modern. Energi listrik diperoleh melalui proses konversi sumber energi primer seperti batu bara, gas alam, nuklir, dan energi terbarukan menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan, mulai dari penerangan hingga penggerak mesin industri [1]. Energi listrik biasanya dibangkitkan di suatu pusat pembangkit listrik, dialirkan melalui jaringan transmisi dan distribusi sebelum sampai pada pengguna berupa industri, komersial, perkantoran maupun perumahan yang terangkai dalam suatu sistem tenaga listrik. Secara umum sistem tenaga listrik tersusun atas pembangkit listrik, saluran transmisi, distribusi dan beban [2].

Gardu Induk merupakan simpul dalam sistem tenaga listrik, yang terdiri dari susunan dan rangkaian sejumlah perlengkapan yang dipasang menempati suatu lokasi tertentu untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik [3]. Pada gardu induk terdapat beberapa sistem proteksi yang mampu mengamankan sistem tenaga listrik salah satunya pemutus tenaga (PMT). PMT merupakan peralatan saklar/*switching* mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan (dalam periode tertentu) dan memutus arus beban dalam kondisi normal/abnormal sesuai dengan ratingnya. [4]. Maka setiap kali menghubungkan dan memutuskan kontak di dalam pemutus tenaga gesekan pada kontak-kontak tersebut yang terbuat dari logam. Akibat dari gesekan ini akan muncul bunga api yang sangat berbahaya dapat menimbulkan kebakaran dan kerusakan peralatan. Untuk memadamkan bunga api ini, maka di gunakan gas SF<sub>6</sub> yang bersifat isolator [5].

Gas SF<sub>6</sub> ( *Sulfur Heksafluorida* ) merupakan suatu unsur campuran gas yang dimana gas ini tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak mudah terbakar. Gas ini tidak mempunyai sifat kimia aktif sampai suhu diatas 150°C, bahkan hal ini dapat dibuktikan dengan cara memanaskan gas tersebut sampai temperatur 5000°C tanpa terjadi penguraian [6]. Gas SF<sub>6</sub> ini menjadi media isolasi yang baik, dapat berfungsi

sebagai penyekat antara bagian bertegangan dengan *ground* hanya dengan jarak yang sangat pendek jika di bandingkan dengan isolasi udara.

PMT bermedia Gas SF<sub>6</sub>, yang beroperasi sepanjang waktu setiap hari, dapat mengalami penurunan kondisi peralatan secara tiba-tiba dan munculnya gangguan peralatan. Kondisi tersebut disebabkan oleh kebocoran gas atau kadar uap air (*Moisture Content*) yang terdapat di dalam peralatan sehingga menurunkan kinerja dari PMT. Seperti halnya yang terjadi di GIS Labuan, terjadi kebocoran pada pipa fleksibel kompartemen GS 200 (G31) Fasa S karena kebocoran tersebut terjadi penurunan tekanan gas SF<sub>6</sub> yang sangat signifikan yaitu dari 0,42 Mpa menjadi 0,38 Mpa. Sehingga dapat menyebabkan terjadinya *short circuit* dan gangguan sistem pada peralatan yang dapat menyebabkan berkurangnya kehandalan sistem operasi kelistrikan. Kebocoran tersebut dapat terjadi karena terdapat kerusakan pada *seal o-ring* ataupun kompartemen lain yang terdapat pada GIS [7]. Hal ini akan mempengaruhi karakteristik dan kualitas gas SF<sub>6</sub> sebagai isolasi, tidak bekerjanya sistem isolasi akan berdampak pada kemungkinan terjadinya kegagalan pada sistem proteksi di gardu induk yang dapat mengakibatkan permasalahan yang besar.

Dalam upaya mencegah potensi masalah tersebut pada PMT bermedia Gas SF<sub>6</sub>, sangat penting untuk dilakukan monitoring dan diagnosis parameter gas SF<sub>6</sub>. Selain itu, identifikasi risiko yang mungkin terjadi pada gas SF<sub>6</sub> dapat dilakukan dengan menggunakan metode FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*). FMEA adalah suatu prosedur analisis yang mempertimbangkan model kegagalan dalam sebuah sistem, mengklasifikasikan berdasarkan hubungan sebab-akibat, dan menentukan efek dari kegagalan tersebut terhadap sistem. Pendekatan ini dapat secara efektif menghindari atau mengurangi risiko yang tidak diinginkan, seperti kegagalan isolasi yang dapat berakibat fatal pada sebuah instalasi [8][9].

Penerapan metode FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*) dapat meningkatkan keandalan dan efisiensi suatu sistem. Metode FMEA dapat diterapkan untuk secara sistematis menganalisis potensi kegagalan yang telah diidentifikasi, mengevaluasi dampaknya, dan merancang langkah-langkah pencegahan atau mitigasi yang diperlukan. Dengan demikian hal tersebut dapat

membantu mengidentifikasi dan mengurangi potensi kegagalan dalam sistem kelistrikan dan infrastruktur secara lebih efektif.

## 1.2. Kajian Riset Terdahulu

Kajian reset terdahulu adalah bukti penguatan bahwa penelitian yang diajukan berbeda dengan yang telah dilakukan. Adapun kajian reset terdahulu penelitian sebelumnya ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Kajian riset terdahulu.

NO	JUDUL	NAMA PENELITI	TAHUN
1	Analisis Hasil Uji PMT 150kV Pada Gardu Induk Cilegon Baru BAY KS 1	Didik Aribowo, dkk	2019
2	<i>Circuit Breaker Performance Analysis</i>	Onah A. J. dan Ezema E. E	2020
3	Analisa Pengujian Kelayakan Operasi Pemutus Tenaga (PMT) 150 kV Bay Penghantar Mandirancan I Berdasarkan Parameter <i>Breaker Analyzer</i> di Gardu Induk Sunyaragi	Adis Galih Firdaus, dan Rahmat Hidayat.	2021
4	Analisis Kinerja <i>Circuit Breaker</i> 20 kV PLTA Wonorejo Bermedia SF6 ( <i>Sulphur Hexaflouride</i> )	Abizar Farzi, dkk	2021
5	<i>Evaluation Of Interruption Performance Index Of High Voltage Circuit Breakers Using Numerical Simulation And Data Analysis Technique</i>	Man Jun Ha, dkk	2022

Penelitian yang dilakukan oleh Didik Aribowo, dkk [10] berfokus untuk menganalisis faktor-faktor yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan pengukuran dan kinerja pemutus tenaga dengan melakukan dua pengujian yaitu pengujian tahanan isolasi dan keserempakan. Proses pengujian dilakukan menggunakan alat ukur *Insulation Tester (megger)* dan *Breaker Analyzer* untuk memperoleh hasil (nilai/besaran) tahanan isolasi dan keserempakan pemutus tenaga. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peralatan pengukuran rentan mengalami kerusakan saat digunakan di lingkungan dengan tegangan induksi listrik tinggi atau adanya muatan residual pada belitan atau kabelnya. Untuk menetralkan tegangan induksi dan muatan residual, alat tersebut perlu dihubungkan ke tanah untuk beberapa saat. Untuk nilai tahanan isolasi fasa R, S, dan T (atas-bawah PMT Off) bernilai 7290 M $\Omega$ , 2400 M $\Omega$ , 7910 M $\Omega$ , untuk fasa R, S, dan T (atas-tanah PMT Off) bernilai 5100 M $\Omega$ , 4880 M $\Omega$ , 4750 M $\Omega$ , fasa R, S, dan T (bawah-tanah PMT Off) bernilai 4230 M $\Omega$ , 3420 M $\Omega$ , 15800 M $\Omega$ . Untuk nilai keserempakan waktu *close* bernilai 0.7 ms dan *open* bernilai 0.5 ms, dimana PMT Induk Cilegon Baru BAY KS 1 memperlihatkan kinerja yang memenuhi standar kelayakan operasi pada tahanan isolasi dan keserempakan.

Penelitian yang dilakukan oleh Onah A. J. dan Ezema E. E [11] berfokus pada analisis kinerja pemutus tenaga dalam menangani tegangan dan arus tinggi. Dalam penelitian tersebut ketika pemutus tenaga terbuka (*open*) tegangan frekuensi tinggi akan masuk pada kontak PMT yang mengakibatkan kerja restriking tertunda sehingga merugikan PMT dan seluruh sistem. Hasil penelitian ini menunjukkan dengan menggunakan pemutus resistansi dapat meredam tegangan frekuensi tinggi, hal ini membantu melindungi tiang pemutus tenaga dan memastikan penyelesaian cepat dari gangguan tersebut. Sehingga PMT dapat bekerja secara normal tanpa perlu adanya jeda pada *restriking*.

Penelitian yang dilakukan oleh Adis Galih Firdaus dan Rahmat Hidayat [12] berfokus pada analisis kelayakan pengoperasian pemutus tenaga 150 kV di jalur transmisi Teluk Mandirancan I. Analisis penelitian tersebut dilakukan melalui parameter-parameter pengujian menggunakan alat ukur *Breaker Analyzer*, dengan fokus pada waktu kerja dan keserempakan kontak PMT. Hasil dari penelitian

menunjukkan bahwa PMT Mandirancan I memiliki permasalahan anomali deviasi waktu yang cukup besar melebihi dari nilai standar yang ditentukan. Penyebab dari besarnya deviasi waktu yang terjadi pada PMT Mandirancan I ini karena waktu kerja kontak PMT pada fasa S ketika melakukan operasi kerja untuk menutup kontakannya terlalu cepat jika dibandingkan dengan 2 fasa lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa PMT tersebut memerlukan penyesuaian dan perbaikan untuk memastikan kelayakan operasionalnya.

Penelitian yang dilakukan oleh Abizar Farzi, dkk [13] berfokus pada analisa kinerja pemutus tenaga saat terjadi gangguan dengan menggunakan berbagai metode pengujian. Pengujian dilakukan dengan memeriksa pemutus tenaga menggunakan data *sheet* spesifikasi teknis, *pressure tester*, *SF6 Multi-Analyser*, *insulation tester*, *service cart DILO*, *HI-Pot tester*, dan *circuit breaker analyzer*. Pemutus tenaga tersebut memperlihatkan kinerja yang memenuhi standar kelayakan operasi. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai kualitas kandungan SF6 dengan *purity* 98,8%, nilai kelembapan (*dew point*) terukur  $-7^{\circ}\text{C}$ , nilai keserempakkan dengan selisih waktu 0,1 ms, tahanan kontak  $46\mu\Omega$ , dan untuk hasil tahanan isolasi *circuit breaker* yaitu  $37,51\text{G}\Omega$  yang masih sesuai dengan standar yang ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa pemutus tenaga tersebut dapat diandalkan dalam memutus aliran listrik secara cepat saat terjadi gangguan, serta mampu menjaga keandalan operasi dalam jangka waktu yang lama.

Penelitian yang dilakukan oleh Man Jun Ha, dkk [14] berfokus pada desain dan evaluasi kinerja interupsi pemutus tenaga tegangan tinggi menggunakan simulasi numerik dan teknik analisis data. Penelitian tersebut menggunakan *computational fluid dynamics*, analisis medan listrik, analisis *support vector machine* dan *random forest*. Metode ini diterapkan pada pemutus tenaga tipe SF6 *puffer* dan *self-blast*. Pendekatan ini dapat digunakan untuk mengoptimalkan desain pemutus tenaga tegangan tinggi guna meningkatkan kinerja interupsi. Penelitian menghasilkan bahwa faktor yang mempengaruhi indeks kinerja interupsi pemutus tenaga tegangan tinggi yaitu tekanan gas, kepadatan, suhu, dan *transient recovery voltage*. Akan tetapi solusi untuk hal tersebut dapat diturunkan menggunakan

parameter makroskopik seperti variabel medan aliran, laju aliran, dan faktor geometris.

Berdasarkan Tabel 1.1 penelitian mengenai kinerja PMT sudah banyak dikembangkan oleh para peneliti. Namun penelitian yang dilakukan hanya menggunakan satu pemutus tenaga dan beberapa parameter pengujian saja untuk menentukan hasil kinerja pemutus tenaga. Oleh karena itu, pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan pendekatan yang berbeda yakni akan mengimplementasikan FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*). Metode FMEA diterapkan untuk secara sistematis menguji PMT dan menganalisis potensi kegagalan yang telah diidentifikasi, dalam pelaksanaannya PMT akan melalui tahap pengujian *visual inspection*, *in-service measurement* dan *shutdown measurement*. Hasil tersebut akan menentukan apakah kinerja PMT masih layak dioperasikan atau tidak. Dengan demikian pada penelitian ini telah mengandung unsur kebaruan dan inovasi dari penelitian terdahulu.

### 1.3. Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah yang sudah diuraikan maka rumusan masalah yang perlu dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja PMT 150 kV bermedia gas SF<sub>6</sub> berdasarkan hasil FMEA?
2. Bagaimana implementasi *failure modes and effects analysis* dalam mengurangi potensi kegagalan pada pemutus tenaga?

### 1.4. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kinerja PMT 150 kV bermedia gas SF<sub>6</sub> berdasarkan hasil FMEA.
2. Mengimplementasikan *failure modes and effect analysis* untuk mengurangi potensi kegagalan pada pemutus tenaga.

### **1.5. Manfaat**

Pada penelitian ini terdapat dua manfaat yang ingin dicapai yaitu:

#### 1. Manfaat Akademis

Memberikan suatu kontribusi dalam perkembangan ilmu tenaga listrik dan menjadi referensi bahan penelitian di kalangan mahasiswa Universitas Negeri Sunan Gunung Djati Bandung khususnya mahasiswa jurusan Teknik Elektro dan diharapkan dapat dijadikan referensi dalam mata kuliah Teknik Tegangan Tinggi.

#### 2. Manfaat Praktis

Adapun secara praktis, hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan referensi bagi PT. PLN (Persero) Gardu dalam meningkatkan kualitas sistem isolasi pemutus tenaga (*Circuit Breaker*) pada gardu induk Cibadak Baru dan Lembursitu 150 kV.

### **1.6. Batasan Masalah**

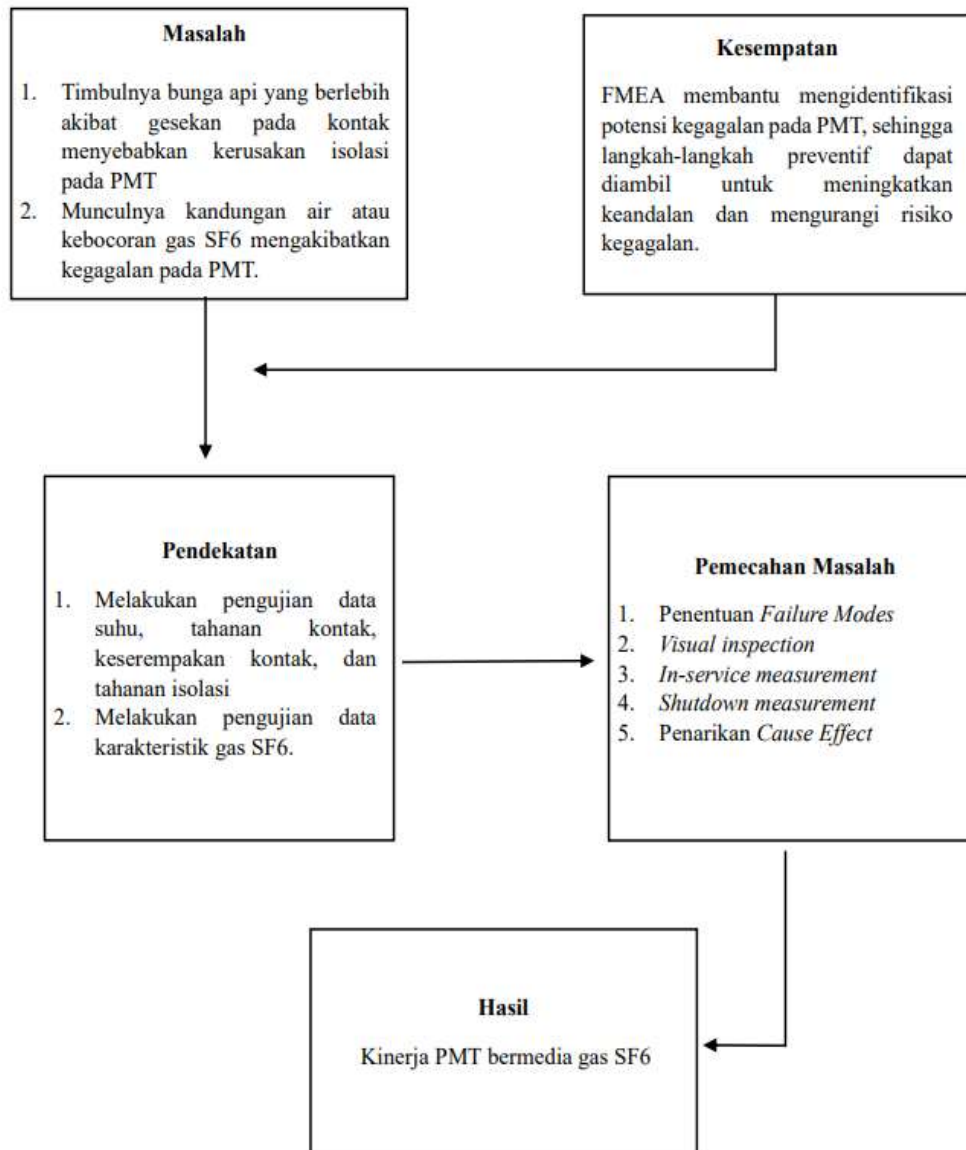
Batasan yang berhubungan dengan masalah ini sangat luas, maka dari itu perlu adanya batasan masalah dalam penelitian ini, agar yang akan didapat lebih spesifik dan terarah. Batasan masalah ini menitik beratkan pada :

1. Penelitian ini tidak membahas/fokus mengenai kegagalan yang terjadi pada sistem isolasi dan pemadam busur api.
2. Data yang dipakai yaitu data tahanan kontak, keserempakan kontak, tahanan isolasi, kemurnian gas, kelembapan gas SF<sub>6</sub> dan kandungan uap air pada gas SF<sub>6</sub> pemutus tenaga.
3. Spesifikasi PMT yang digunakan yaitu kapasitas arus sebesar 3150 A dengan *breaking current* sebesar 40 kA dan frekuensi operasi 50 Hz serta menggunakan gas SF<sub>6</sub> dengan tegangan operasi 170 kV.

### **1.7. Kerangka Berpikir**

Kerangka berpikir memuat jalan pemikiran yang berisi penjabaran sistematis mengenai informasi hasil pembuatan masalah penelitian, yang diperkirakan mampu

diselesaikan melalui pendekatan, desain alat, implementasi alat, pengujian alat, dan analisis alat. Kerangka pemikiran ini dapat dijelaskan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Kerangka berpikir.

### 1.8. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proposal ini terdiri dari tiga bab yang menguraikan permasalahan yang dibahas. Berikut sistematika penulisan tugas akhir ini:



## **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini meliputi latar belakang, *State of The Art*, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka berpikir dan sistematika penulisan.

## **BAB II TEORI DASAR**

Pada bab ini berisi tentang teori dasar yang digunakan dalam penelitian serta memberikan gambaran yang digunakan dalam penelitian ini.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan metode dan tahapan-tahapan yang dilakukan ketika melakukan penelitian dan jadwal penelitian studi kinerja pemutus tenaga 150 kV bermedia gas SF<sub>6</sub> menggunakan *failure modes effect analysis*

## **BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI**

Bab ini berisi penjelasan mengenai implementasi, penentuan pemutus tenaga, serta *shutdown measurement*.

## **BAB V HASIL DAN ANALISIS**

Bab ini merupakan bagian pengujian dari *visual inspenction*, *in-service measurement*, *shutdown measurement*, analisis kualitas karakteristik gas SF<sub>6</sub>, penarikan *cause effect*, serta perbaikan pada PMT 150 kV.

## **BAB VI PENUTUP**

Bab penutup ini berisi kesimpulan dari penelitian dan beberapa saran dari penelitian yang ditujukan untuk penelitian selanjutnya.