

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu keperluan vital penduduk suatu negara. Keekonomisannya menjadikannya sumber daya primer bagi setiap aktivitas manusia. Proyeksi kedepan menunjukkan bahwa keperluan energi listrik akan mengalami peningkatan seiring dengan penambahan populasi penduduk, teknologi dan industri [1]. Menurut BMKG, Pulau Jawa Barat mengalami lebih dari 60.000 sambaran petir pada November 2024, terutama kategori CG (*Cloud to Ground*), yaitu CG+ dan CG- [2]. Pemeliharaan sistem transmisi, termasuk jaringan, penting untuk memastikan penyaluran energi listrik yang optimal dan menjaga keamanan jaringan. Pada menara Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), perlindungan dari petir dilakukan dengan kawat *Ground Steel Wire* (GSW), jumper GSW, konduktor penghubung ke tanah, dan pentanahan di kaki menara [3].

Salah satu langkah yang sangat krusial dalam mencegah gangguan arus lebih yang salah satu penyebabnya adalah gangguan petir yang mengakibatkan kerusakan pada menara transmisi adalah dengan melakukan pbumian yang terletak pada dasar kaki menara saluran transmisi [4]. Pbumian (*grounding*) listrik adalah suatu sistem instalasi yang bisa meniadakan beda potensial sebagai pelepasan muatan listrik berlebih pada suatu instalasi listrik dengan cara mengalirkannya ke tanah sehingga istilah sehari-hari yang biasa disebut dengan istilah pentanahan atau arde. Beberapa persyaratan agar pentanahan dapat bekerja secara efektif yaitu penggunaan bahan dalam sistem pentanahan yang tahan akan korosi diberbagai kondisi kimiawi tanah, dapat melawan dan meredam akibat arus lebih yang langsung dialirkan ke tanah tanpa terjadinya *backflashover*, dan membuat jalur impedansi yang lebih rendah ke tanah [5]. Melihat persyaratan tersebut, penggunaan bahan dan metode pentanahan kaki menara sangat perlu diperhatikan. Metode dalam pentanahan terdapat beberapa jenis yaitu dengan metode *driven rod*, *counterpoise*, *mesh* dan metode kombinasi lainnya [6].

Sistem pentanahan yang umum digunakan pada menara Saluran Udara

Tegangan Tinggi (SUTT) yaitu berupa *driven rod* yang dimana salah satu metode dalam upaya menurunkan tahanan pentanahan, dengan memvariasikan panjang, lebar maupun tingkat kedalaman batang elektroda yang ditanam. Berdasarkan studi pentanahan yang diambil pada tahun 2023, terdapat beberapa jalur saluran transmisi di GI Ujung Berung ULTG Bandung Timur. Jalur-jalur tersebut masih memiliki nilai pentanahan di atas batas SPLN-T5-012-2020 yaitu 10Ω [7]. Saluran Udara Tegangan Tinggi jalur Bandung-Sumedang dari tahun ke tahun telah mengalami intensitas sambaran petir yang meningkat dan kasus terakhir beberapa menara mengalami anomali dalam nilai pentanahannya.

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, peneliti melakukan uji efisiensi sistem pentanahan pada menara dengan melakukan pengukuran tahanan pentanahan di kaki menara pada Saluran Transmisi Jalur Bandung-Sumedang menggunakan metode *counterpoise*. Selain itu, peneliti juga melakukan perhitungan dan analisis pada menara yang memiliki nilai pentanahan dalam kondisi anomali dengan tujuan memberikan masukan agar keandalan sistem tetap terjaga. Hal ini bertujuan untuk memastikan tenaga listrik dapat dialirkan kepada konsumen dengan baik serta menghindari hal-hal yang tidak diinginkan, seperti kebocoran arus dan tegangan listrik di sekitar menara, yang berpotensi membahayakan makhluk hidup dan lingkungan sekitarnya.

1.2. Kajian Penelitian

Dalam memeriksa penelitian sebelumnya untuk memvalidasi validitas penelitian yang akan dilakukan dan membantu meningkatkan literasi diskusi, Tabel 1.1 merupakan cantuman referensi utama dengan penelitian terkait.

Tabel 1.1. Rujukan utama.

No.	Judul	Peneliti	Tahun
1.	<i>Effect of Soil Resistivity Measurement on the Safe Design of Grounding Systems.</i>	Vasilios P. Androvitsanea s dkk.	2020

No.	Judul	Peneliti	Tahun
2.	Analisis Pengaruh Pemasangan <i>Counterpoise</i> pada Menara Transmisi Saluran Udara Tegangan Tinggi 70 kV <i>Line</i> Mandai-Pangkep.	Ahmad Rosyid Idris, Wanda Suyono, dkk	2021
3.	Analisa Kelayakan Pentanahan Tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Jelok-Bringin Menggunakan Metode Komparasi.	Dedi Prantali, Gunawan, Dedi Nugroho	2022
4.	<i>Comparative Analysis of Earthing Resistance on Rod and Plate Electrodes for Improvement of Earthing Resistance Values.</i>	Yoga Tri Nugraha, Lidya R, dkk.	2022
5.	Pola Tahanan Pentanahan Tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Sekarputih- Ngoro.	Bambang Minto Basuki, Adi Noerhamsyah	2024

Jurnal [8] membahas nilai pentanahan yang baik dipengaruhi beberapa variabel, salah satunya nilai tahanan jenis tanah. Profil jenis tanah sangat mempengaruhi nilai pentanahan. Studi tersebut juga menjelaskan bagaimana posisi atau sumbu terbaik dalam tata letak penanaman elektroda pembumian guna mendapatkan nilai yang diinginkan [8]. Penelitian dilakukan di lapangan besar dikampus universitas. Dari hasil penelitian ini, model lapisan *multilayer* disebutkan lebih disarankan dan juga dapat menjadi panduan yang berguna untuk mendapatkan serta memilih pengukuran yang sesuai dengan media yang dibutuhkan. Tidak menutup kemungkinan metode lain seperti *counterpoise* pada sistem pentanahan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dapat memperoleh hasil yang lebih efisien dalam menurunkan nilai resistansi pada jalur Bandung-Sumedang dengan kondisi lingkungan yang berbeda.

Jurnal [9] membahas tentang penelitian di 2 menara yaitu menara 70 dan menara 39 Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 70KV jalur Mandai-Pangkep di PT PLN (Persero) ULTG Maros. Sistem pentanahan merupakan sistem yang

diteliti oleh Ahmad Rosyid Idris dkk. Sistem pentanahan merupakan suatu struktur yang digunakan dalam melindungi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dalam mengantisipasi kerusakan akibat sambaran petir. Metode pentanahan yang digunakan berupa *counterpoise* yakni kawat elektroda yang ditanam searah kaki menara secara horizontal, atau radial dengan sudut penanaman sekitar 30° hingga 90° . Penelitian dilakukan dengan mengukur nilai tahanan pentanahan dan menganalisis pengaruh serta efektivitas metode *counterpoise* dalam meredam nilai pentanahan. Perangkat lunak berbasis GUI (*Graphical User Interface*) yang disebut MATLAB R2016a digunakan dalam penelitiannya untuk memfasilitasi komputasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *grounding* menara 70 adalah $6,93\ \Omega$ sebelum pemasangan metode *counterpoise*, dan berubah menjadi $1,84\ \Omega$ dengan persentase perubahan $73,44\%$ setelahnya. Selanjutnya pada menara 39 nilai pentanahan menunjukan di angka $10,14\ \Omega$ dan setelah dipasang metode *counterpoise* didapat nilai pentanahan sebesar $2,4\ \Omega$ dengan presentase penurunan $76,33\%$ [10]. Hal ini membuktikan bahwa metode *counterpoise* pada sistem pentanahan dapat efektif dalam menurunkan nilai tahanan pentanahan.

Jurnal [11] membahas analisis kelayakan sistem pentanahan pada tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Jalur Jelok–Bringin dengan metode komparasi. Penelitian ini dilakukan karena wilayah transmisi tersebut sering terkena sambaran petir, sehingga memerlukan sistem pentanahan yang andal untuk memastikan proteksi terhadap perangkat listrik. Penelitian melibatkan pengukuran nilai tahanan pentanahan menggunakan alat ukur Earth Resistance Tester untuk memastikan nilai tahanan memenuhi standar PLN, yaitu di bawah 10 Ohm [12]. Data pengukuran dianalisis berdasarkan beberapa metode, yaitu pengukuran pada kaki tower tanpa arde, arde kaki tower secara individu, dan pengukuran gabungan kaki tower dengan arde. Hasil menunjukkan bahwa sebagian besar tower masih memiliki nilai tahanan yang layak, meskipun beberapa tower membutuhkan perbaikan, seperti penambahan batang elektroda sepanjang 6 meter untuk menurunkan resistansi tanah. Studi ini juga menyoroti pentingnya pemeliharaan rutin untuk menjaga kinerja sistem pentanahan yang optimal, terutama pada tower dengan resistansi yang mendekati atau melebihi standar

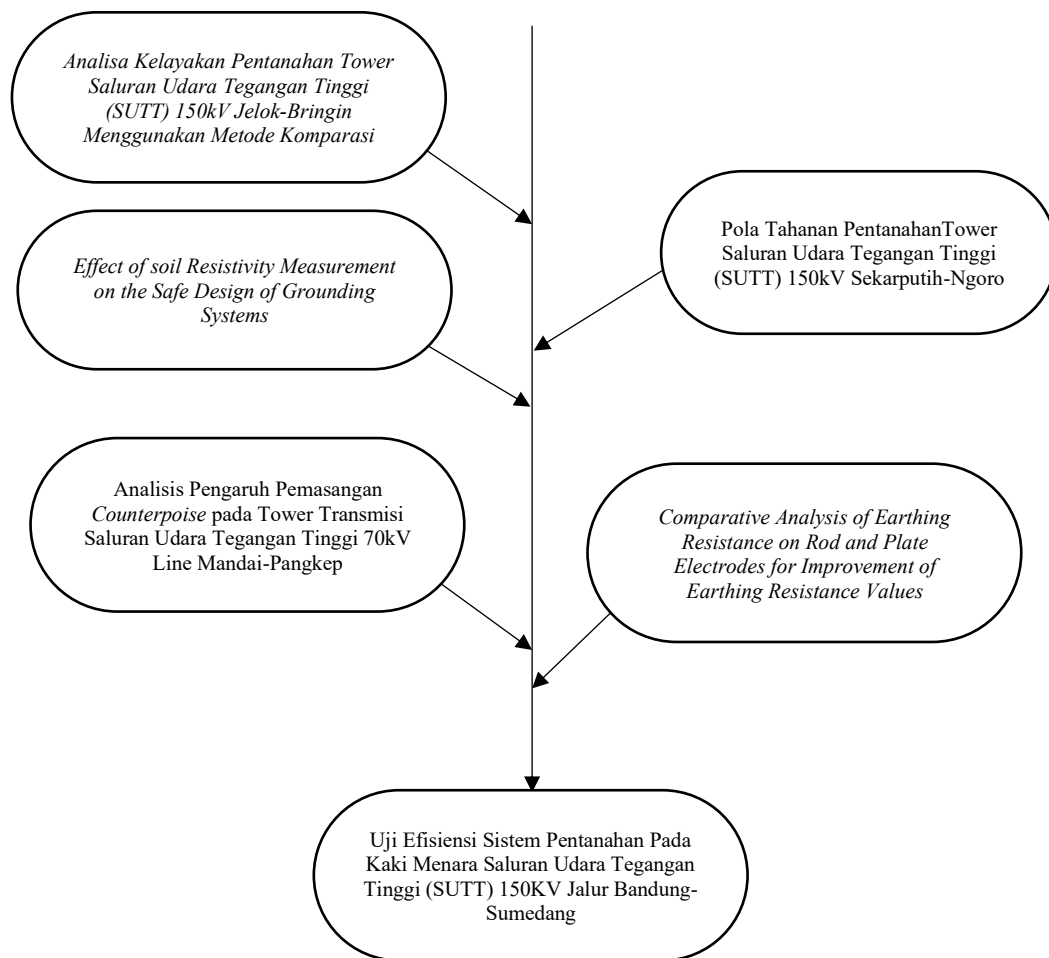
maksimum. Jurnal ini menggunakan metode komparasi untuk menghitung pentahanan pada SUTT. Tidak menutup kemungkinan metode lain seperti *counterpoise* dapat memperoleh hasil perhitungan yang lebih akurat untuk pentahanan SUTT dengan karakteristik tanah yang berbeda.

Jurnal [13] membahas mengenai komparasi atau perbandingan ketahanan antara pentanahan *driven rod* dengan media elektroda batang dan elektroda plat. Bentuk elektroda, jenis tanah, kelembapan tanah dan diameter elektroda merupakan beberapa variabel yang mempengaruhi nilai pentanahan. Penelitian menggunakan elektroda jenis batang tunggal dengan diameter 0,15 meter, panjang 1,4 meter, dan kedalaman 0,25/0,5/0,75/1 meter di lingkungan perumahan Citra Land, PT. Ciputra Surya, JO. Berdasarkan hasil pengukuran, nilai tahanan pentanahan dengan kedalaman elektroda senilai 1,5 meter didapatkan hasil pentanahan sebesar 0,98 Ω . Sedangkan elektroda berupa plat yang ditanam didapatkan nilai sebesar 1,6 Ω [10]. Nilai rata-rata elektroda yang ditentukan adalah 0,9 Ω sedangkan elektroda pelat adalah 0,5 Ω , yang dihasilkan dengan menggunakan rumus Dwight. Keduanya masih dalam kondisi aman sesuai dengan standar nilai pentanahan yang relevan.

Jurnal [14] membahas analisis pola tahanan pentanahan pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV dari jalur Sekarputih hingga Ngoro dengan panjang transmisi 21,4 km yang terdiri dari 71 tower. Penelitian ini fokus pada perubahan nilai tahanan pentanahan tower akibat faktor-faktor seperti kondisi tanah dan usia elektroda yang memengaruhi kinerja sistem pentanahan. Metode yang digunakan mencakup pengukuran nilai tahanan pentanahan menggunakan alat Earth Tester, analisis kondisi tanah sekitar tower, perhitungan dan pemasangan elektroda tambahan, serta evaluasi keberhasilan setelah perbaikan. Studi menunjukkan bahwa tiga tower memiliki nilai tahanan di atas standar ($<10 \Omega$) [12], sehingga memerlukan perbaikan seperti penambahan elektroda. Hasil penelitian menegaskan pentingnya pemeliharaan rutin untuk memastikan keandalan sistem pentanahan, serta menunjukkan bahwa metode penanaman elektroda tambahan secara vertikal (individu maupun konfigurasi seperti segitiga atau persegi) efektif dalam menurunkan nilai tahanan ke tingkat yang sesuai dengan standar. Jurnal ini berfokus pada jalur Sekarputih-Ngoro, yang memiliki kondisi lingkungan dan

resiko petir tinggi. Sedangkan penelitian ini menguji efisiensi SUTT jalur Bandung-Sumedang yang risiko petir dan kondisi lingkungannya berbeda.

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan mengenai penelitian pentanahan (*grounding*) pada kaki menara Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), Gambar 1.1 merupakan hubungan penelitian yang dibuat berdasarkan kesempatan yang telah diberikan kepada peneliti.



Gambar 1.1. Hubungan penelitian.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan, rumusan masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi sistem pentanahan pada menara Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 KV jalur Bandung-Sumedang?
2. Bagaimana tindakan yang dilakukan pada pentanahan menara Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 KV pada jalur Bandung-Sumedang yang nilai tahanan pentanahannya tidak sesuai dengan standar?
3. Bagaimana kinerja metode *counterpoise* dalam menanggulangi nilai tahanan pentanahan yang melebihi standar?

1.4. Tujuan dan Manfaat

1.4.1. Tujuan

Adapun tujuan dalam pelaksanaan penelitian ini berfokus pada:

1. Mengetahui kondisi sistem pentanahan yang digunakan pada menara Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150KV Jalur Bandung-Sumedang.
2. Melakukan perancangan dan implementasi metode *counterpoise* pola *mesh* untuk mengatasi permasalahan pada *grounding* SUTT 150 kV jalur Bandung-Sumedang.
3. Menganalisis efektivitas metode *counterpoise* dalam menurunkan nilai tahanan pentanahan pada kaki menara SUTT 150 kV jalur Bandung-Sumedang yang melebihi batas standar berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan.

1.4.2. Manfaat

Pada penelitian ini diharapkan dapat memperoleh beberapa manfaat berupa:

1. Manfaat Akademis

Penelitian ini bertujuan memberikan pemahaman tentang kemajuan sistem transmisi, khususnya dalam mengantisipasi gangguan petir pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT). Pentanahan menggunakan metode seperti *driven rod* dan *counterpoise* bertujuan menurunkan nilai pentanahan, yang

idealnya $< 10 \Omega$. Namun, ada kebijakan bahwa 5 tower terdekat dari lokasi gardu induk memiliki nilai standar $< 3 \Omega$ sesuai standar SPLN-T5-012-2020. Faktor seperti kondisi, kelembaban, dan topografi tanah memengaruhi stabilitas nilai pentanahan.

2. Manfaat Praktis

Penggunaan sistem pentanahan terkhususnya pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dilakukan untuk mengurangi kerusakan peralatan, meningkatkan keandalan peralatan serta mengurangi bahaya di sekitar dengan mengalirkan arus ke tanah dengan aman.

1.5. Batasan Masalah

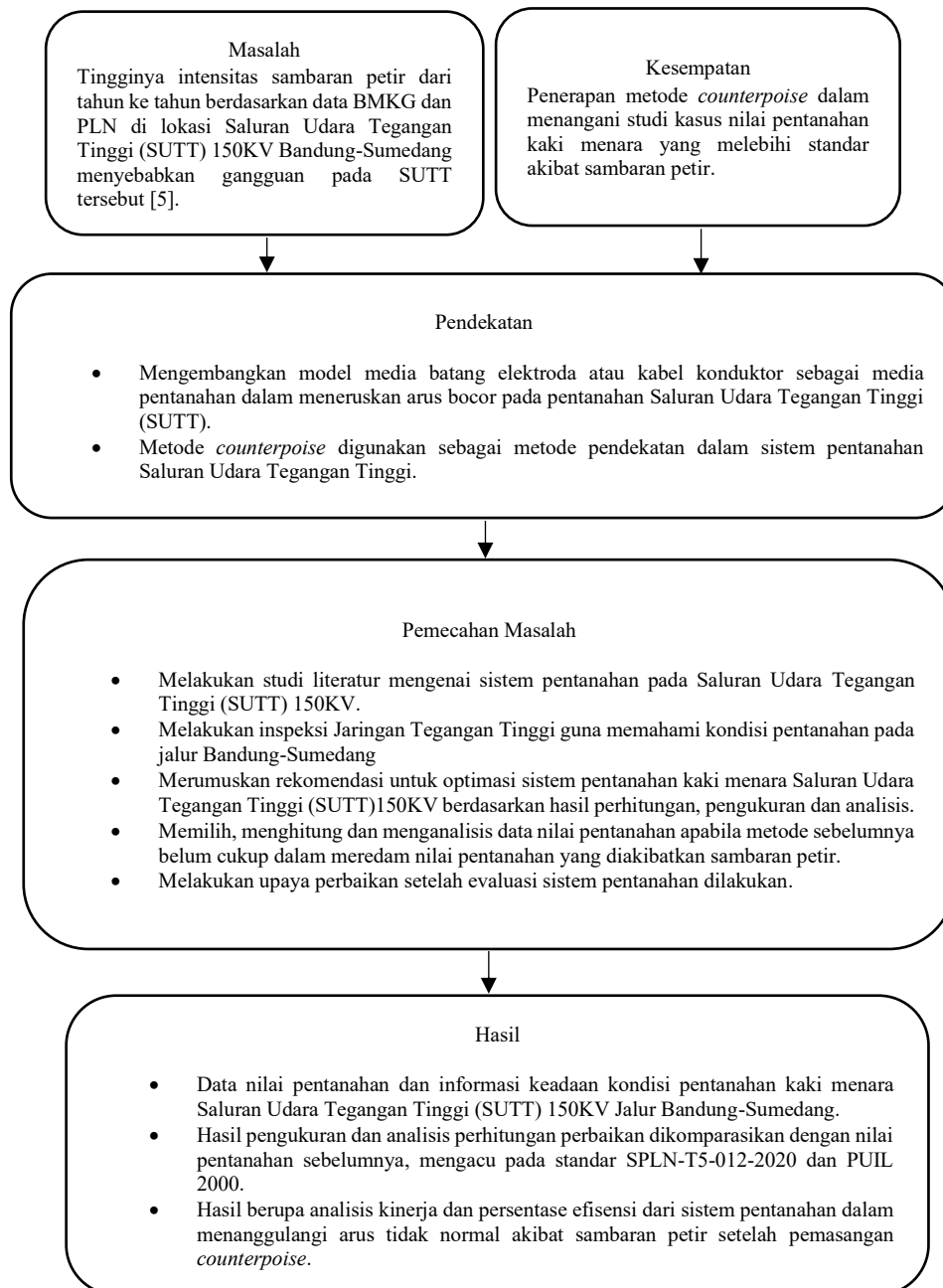
Masalah yang berhubungan dengan fokus penelitian ini sangat luas, oleh karena itu penulis membatasi metode masalah berupa:

1. Penelitian ini hanya membahas sistem pentanahan kaki menara dengan menggunakan metode *counterpoise* sebagai upaya dalam proteksi pengamanan dari petir dan arus bocor pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 KV GI Ujung Berung Jalur Bandung-Sumedang.
2. Membahas perbandingan efektivitas nilai pentanahan antara penggunaan metode *counterpoise* dalam kurun waktu di tahun 2024 dan data inspeksi terbaru pada beberapa Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 KV GI Ujung Berung Jalur Bandung-Sumedang.
3. Analisis dilakukan dengan mengambil sampel menara yang nilai pentanahannya dalam kondisi buruk/anomali pada SUTT 150kV jalur Bandung-Sumedang.

1.6. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir adalah suatu alur logis yang menggambarkan hubungan antara konsep-konsep atau variabel yang akan diteliti, berdasarkan teori atau penelitian terdahulu. Kerangka ini membantu peneliti merumuskan hipotesis atau asumsi dasar yang ingin diuji, serta menunjukkan bagaimana penelitian akan dilakukan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan. Dengan adanya kerangka berpikir, peneliti dapat memastikan bahwa penelitian berjalan sistematis dan fokus

pada masalah yang telah dirumuskan. Hal ini menjadi landasan dalam melakukan penulisan ilmiah. Oleh karena itu, dalam menguraikan gagasan-gagasan penelitian, dikembangkan suatu kerangka berpikir pada penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Kerangka berpikir.

1.7. Sistematika Penulisan

Penelitian harus ditulis secara sistematis dan disusun dalam enam bab, yang masing-masing bab mempunyai beberapa sub bab. Bab-bab tersebut adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berupa pendahuluan menjelaskan mengenai permasalahan berupa latar belakang, penelitian terdahulu, rumusan masalah, tujuan, manfaat akademis dan praktis, batasan masalah, kerangka berpikir dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Bab ini memberikan justifikasi teoritis untuk topik-topik yang berkaitan dengan penelitian, seperti sistem tenaga listrik, serta survei literatur mengenai teori dasar sistem transmisi, komponen menara Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), jenis gangguan berupa sambaran petir, sistem pentanahan kaki menara dengan menggunakan *counterpoise*, dan teori yang berhubungan langsung dengan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT).

BAB III METODELOGI DAN JADWAL PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metode atau jadwal penelitian berupa tahapan-tahapan ketika melakukan penelitian pada sistem pentanahan di kaki menara Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150KV dengan menggunakan metode *counterpoise*. Mulai dari teknik pengukuran, pengumpulan data, teknik menganalisis data dan rencana mengenai jadwal penelitian.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan perancangan yang dilakukan pada saat penelitian. Perancangan berupa desain serta implementasi berupa proses pemasangan model pentanahan *counterpoise* sebagai evaluasi dalam menanggulangi gangguan akibat sambaran petir.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil pemasangan, pengukuran serta analisis berupa perhitungan *counterpoise* dalam meredam gangguan arus petir.

BAB VI PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang bagian dari penutup penelitian dengan berisikan kesimpulan penelitian ini dan saran untuk penelitian yang serupa dengan penelitian ini.

