

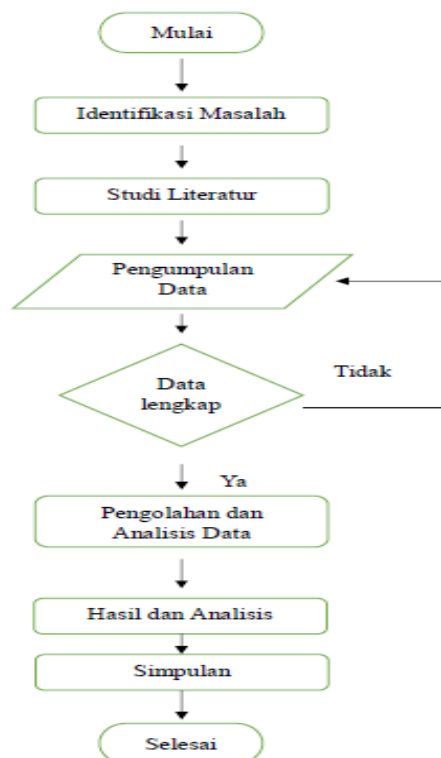
BAB III

METODE PENELITIAN

Dalam bab ini, peneliti akan menguraikan secara rinci metode penelitian yang diterapkan, termasuk jenis desain penelitian yang dipilih, instrumen penelitian yang digunakan, langkah-langkah pengukuran tahanan kontak, serta teknik analisis data yang dipakai untuk menginterpretasikan temuan.

3.1. Desain Penelitian

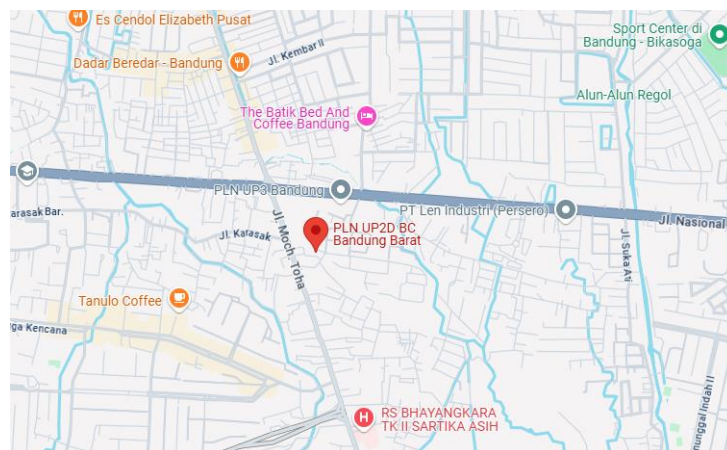
Untuk mempermudah proses dari penelitian analisis nilai tahanan kontak PMT 20 kV pada sistem distribusi tenaga listrik, maka dirancang tahapan penelitian dari mulai dilaksanakannya penelitian hingga akhir penelitian. Pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif analitis. Metode ini merupakan metode yang dilakukan dengan cara mengumpulkan data secara langsung kemudian menganalisisnya. Tahapan penelitian ini dapat dijelaskan menggunakan diagram alir yang dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Partisipan Dan Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini banyak pihak yang terlibat seperti: penulis, teknisi lapangan (Hendra, Deri, Simon, Rizal Arif), serta Ade Arman sebagai supervisi dari pihak PT.PLN UP2D Jawa Barat. Penelitian ini dilaksanakan di UP2D Jawa Barat yang terletak di Jl. Moch Toha No.45, Kelurahan Cibadak, Kecamatan Astana Anyar, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia. Lokasi ini berjarak 3 Km ke arah selatan dari pusat kota Bandung. Luas area dari UP2D BC Bandung Barat adalah ± 5 ha, yang di dalamnya mencakup berbagai fasilitas untuk pengukuran dan pemeliharaan sistem kelistrikan. Lokasi UP2D Jawa Barat secara geografis dapat dilihat dari **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Lokasi UP2D Jawa Barat

3.3. Instrumen Penelitian

Untuk mendapatkan data yang menyeluruh dan mendalam dalam penelitian ini, penulis memerlukan instrumen penelitian sebagai sarana yang digunakan oleh penulis untuk mengumpulkan data yang diperlukan dalam suatu penelitian. Instrumen ini membantu penulis untuk mengumpulkan informasi yang relevan dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian. Adapun instrumen yang digunakan dalam proses pengumpulan data meliputi:

a. Studi Literatur

Metode studi literatur adalah pendekatan yang digunakan untuk mengumpulkan informasi atau data dari berbagai referensi buku yang relevan dengan judul skripsi ini. Tujuannya untuk memperoleh pemahaman tentang dasar-dasar teori yang ada.

b. Observasi Langsung

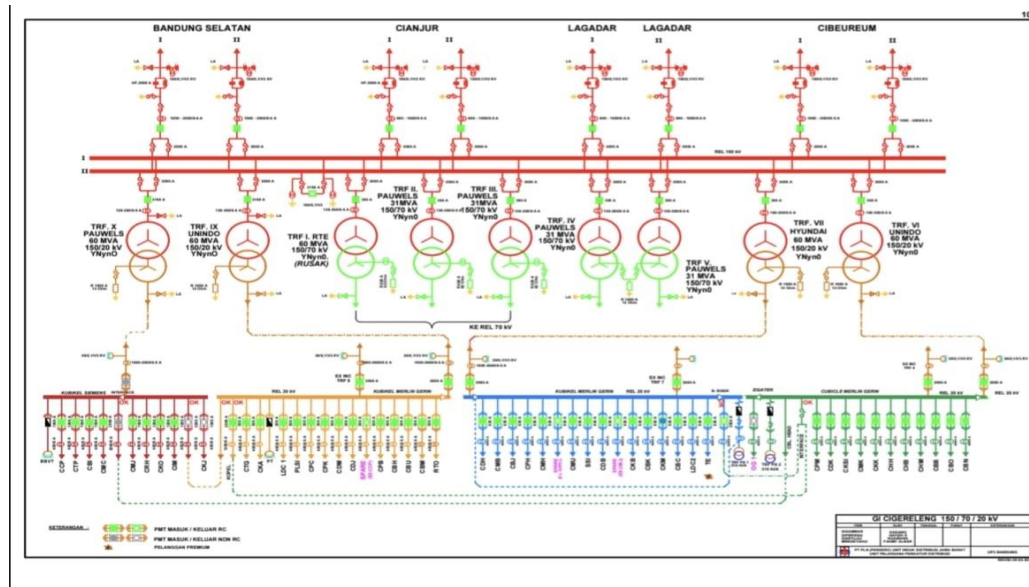
Metode ini dilakukan dengan melakukan kunjungan langsung ke lapangan untuk mengamati dan melakukan penelitian secara langsung kondisi Pemutus Tenaga (PMT). Data yang diperoleh melalui observasi ini mencakup nilai tahanan kontak dari PMT 20 kV di Gardu Induk Cigereleng.

c. Wawancara

Wawancara adalah salah satu metode pengumpulan data yang digunakan oleh peneliti untuk mendapatkan informasi lain yang lebih spesifik dan detail. Metode ini dilakukan melalui sesi tanya jawab dengan individu yang memiliki kompetensi terkait objek penelitian.

3.3.1. Data *Single Line Diagram* Gardu Induk

Single line diagram (SLD) merupakan representasi sistem tenaga listrik menggunakan satu garis yang menyederhanakan sistem tiga fasa menjadi satu fasa simbolis, diagram ini menggambarkan hubungan antara trafo, busbar, Pemutus Tenaga (PMT), penyulang, dan beban akhir. Pada penelitian ini, SLD digunakan untuk menunjukkan posisi pengukuran tahanan kontak pada PMT 20 kV di Gardu Induk Cigereleng PT.PLN (Persero) UP2D Jawa Barat. SLD tersebut dapat dilihat pada **Gambar 3.3** dan **Lampiran 8**.



Gambar 3.3 Single Line Diagram Gardu Induk Cigereleng

3.3.2. Data Spesifikasi Kubikel 20 kV

Data spesifikasi kubikel 20 kV di Gardu Induk Cigereleng dapat dilihat dalam **Tabel 3.1** di bawah ini:

Tabel 3.1 Spesifikasi Kubikel 20 kV Gardu Induk Cigereleng

Spesifikasi Kubikel 20 kV di Gardu Induk Ciagrelng	
Merk	Merlin Gerin
Type	<i>Outgoing</i>
No. seri	940201
Tahun	1994

3.3.3. Data Spesifikasi Pemutus Tenaga (PMT)

Pemutus Tenaga (PMT) penyulang CBB yang digunakan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi yang dapat dilihat dalam **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Spesifikasi Pemutus Tenaga (PMT)

Spesifikasi Pemutus Tenaga (PMT) Penyulang CBB	
Merk	Merlin Gerin
Type/Jenis	FG3/SF6

IN	630 A
No. seri	MGI 00506
Counter	2130
Tahun	1994

3.3.4. Alat Uji Tahanan Kontak

Alat uji yang digunakan untuk menguji nilai tahanan kontak pada penelitian ini yaitu micro-ohmmeter dengan merk Megger DLRO 200, dengan spesifikasi yang terdapat pada **Tabel 3.3** sebagai berikut:

Tabel 3.3 Spesifikasi Megger DLRO 200

Spesifikasi	Detail	
<i>Type Of Teasting</i>	Pengukuran tahanan rendah (Low Resistance Ohmmeter)	
<i>Max Test Currenct</i>	200 A	
<i>Measurements Range</i>	0.1 $\mu\Omega$ hingga 1 Ω	
<i>Accuracy</i>	$\pm 0.2\%$ dari nilai bacaan \pm sejumlah digit tergantung rentang	
<i>Measurements</i>	<i>Modes</i>	<i>Manual, Auto, Continuous</i>
	<i>Test Time</i>	<i>< 10 seconds Manual or Auto mode, Refreshed every 2,4 second in CONTINUOUS mode</i>
<i>Display</i>	Layar LCD grafik dengan <i>Backlight</i>	
<i>Warnings</i>	<i>Current flowing LED, Inadequate “C” and “P” contact, external voltage, memory full, overheating</i>	
<i>Data</i>	<i>Transfer</i>	USB dan RS232 untuk transfer data ke komputer
	<i>Storage</i>	300 sets Memori internal
	<i>Memo Field</i>	<i>160 characters max</i>

<i>Voltmeter Input Impedance</i>	> 200 K Ω	
<i>Power Supply</i>	Baterai internal isi ulang atau <i>adaptor</i> AC	
<i>Temperature</i>	<i>Operation</i>	-10 °C hingga +50 °C
	<i>Storage</i>	-25 °C hingga +65 °C
	<i>calibration</i>	20 °C
<i>Dimensions</i>	410 x 250 x 250 mm	
<i>Weight</i>	< 15 kg	
<i>Safety</i>	Sesuai IEC61010, kategori CAT I 300V	



Gambar 3.4 Alat Uji Megger DLRO 200

Gambar 3.3 menunjukkan alat ukur megger DLRO 200 (*Digital Low Resistance Ohmmeter*). Alat ini dirancang khusus untuk mengukur tahanan yang sangat rendah dengan akurasi tinggi dan presisi mikro-ohm ($\mu\Omega$). Berikut merupakan penjelasan masing-masing bagian pada **Gambar 3.3** tersebut:

1. Terminal C1 (*Current 1*)

Terminal ini digunakan untuk mengalirkan arus ke objek yang diukur. Biasanya dihubungkan dengan konduktor uji sebagai bagian dari rangkaian pengukuran arus.

2. Terminal P1 dan P2 (*Potensial 1 dan 2*)

Terminal potensial digunakan untuk mengukur tegangan jatuh pada sampel. Karena tidak ada arus yang mengalir melalui kabel ini, hasil pengukuran akan lebih akurat.

3. Terminal C2 (*Current 2*)

Terminal ini merupakan pasangan dari C1, dan juga digunakan untuk menyelesaikan rangkaian arus selama pengukuran tahanan.

4. Tombol Alfamerik/*keypad input*

Digunakan untuk memasukkan data, pengaturan parameter pengukuran, serta pengoperasian menu internal alat.

5. Tombol "Test" (Merah)

Berfungsi untuk memulai proses pengukuran tahanan.

6. Tombol Navigasi & Pilihan Mode

Digunakan untuk navigasi di dalam menu serta memilih mode pengukuran, seperti otomatis/manual/continuous.

7. Tombol Putar (*Rotary Dial*)

Untuk pengaturan cepat dalam memilih mode pengukuran atau opsi konfigurasi lainnya. Dapat ditekan untuk konfirmasi pilihan.

8. Layar LCD Display

Menampilkan hasil pengukuran dalam satuan ohm (Ω), serta informasi status alat seperti mode pengukuran, daya baterai, atau *error*.

9. Port Komunikasi / USB atau RS232

Digunakan untuk menyimpan atau mentransfer data hasil pengukuran ke komputer atau perangkat penyimpanan lain.

10. Saklar Daya (*Power Switch*)

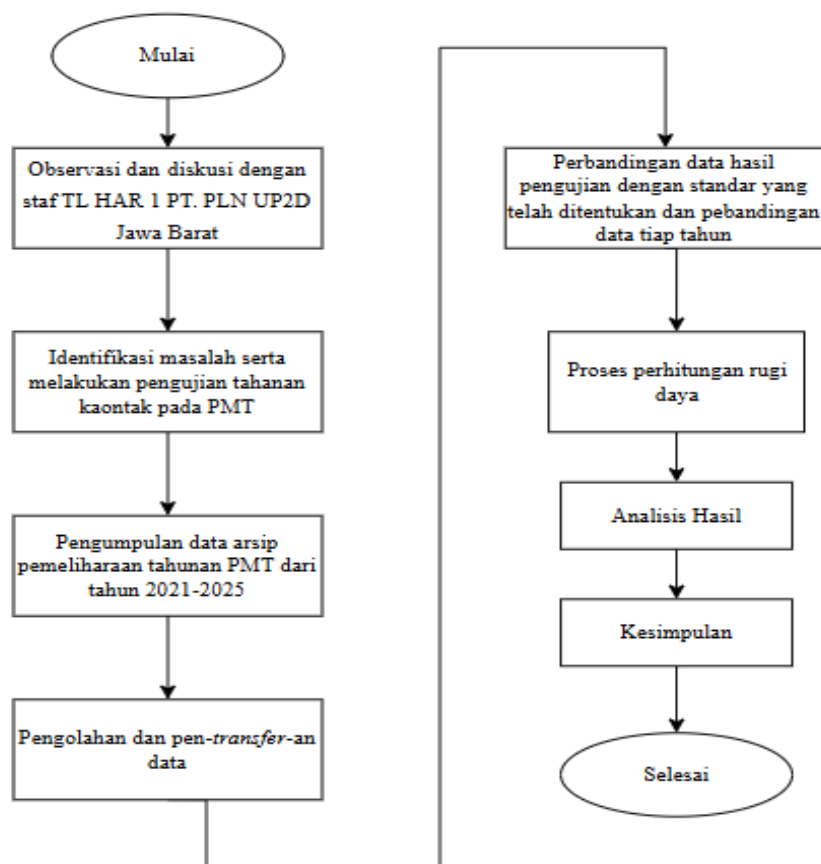
Digunakan untuk menyalakan atau mematikan alat.

Prinsip kerja dari alat ukur Megger DLRO 200 adalah menggunakan kaidah hukum ohm. Dimana alat DLRO akan mengalirkan arus (I) sesuai dengan nilai yang telah diatur sebelumnya ke dalam sistem PMT. Arus ini mengalir membentuk suatu *loop*, dimulai dari terminal positif DLRO menuju terminal atas PMT, kemudian melewati rangkaian kontak di dalam PMT (kontak atas dan kontak bawah), hingga akhirnya keluar melalui terminal bawah PMT. Terminal bawah PMT ini telah dihubungkan ke grounding serta terminal negatif DLRO, sehingga arus dapat kembali ke alat dan membentuk sirkuit tertutup (*looping*).

Saat arus mengalir melalui rangkaian kontak PMT, alat DLRO secara bersamaan melakukan pengukuran beda potensial (tegangan) yang terjadi pada titik kontak tersebut. Berdasarkan arus dan tegangan yang terukur, alat akan secara otomatis menghitung nilai tahanan kontak menggunakan rumus yang telah terprogram di dalam sistemnya. Proses inilah yang memungkinkan pengukuran tahanan kontak PMT dilakukan dengan cepat dan akurat menggunakan DLRO tipe Megger 200.

3.4. Prosedur Penelitian

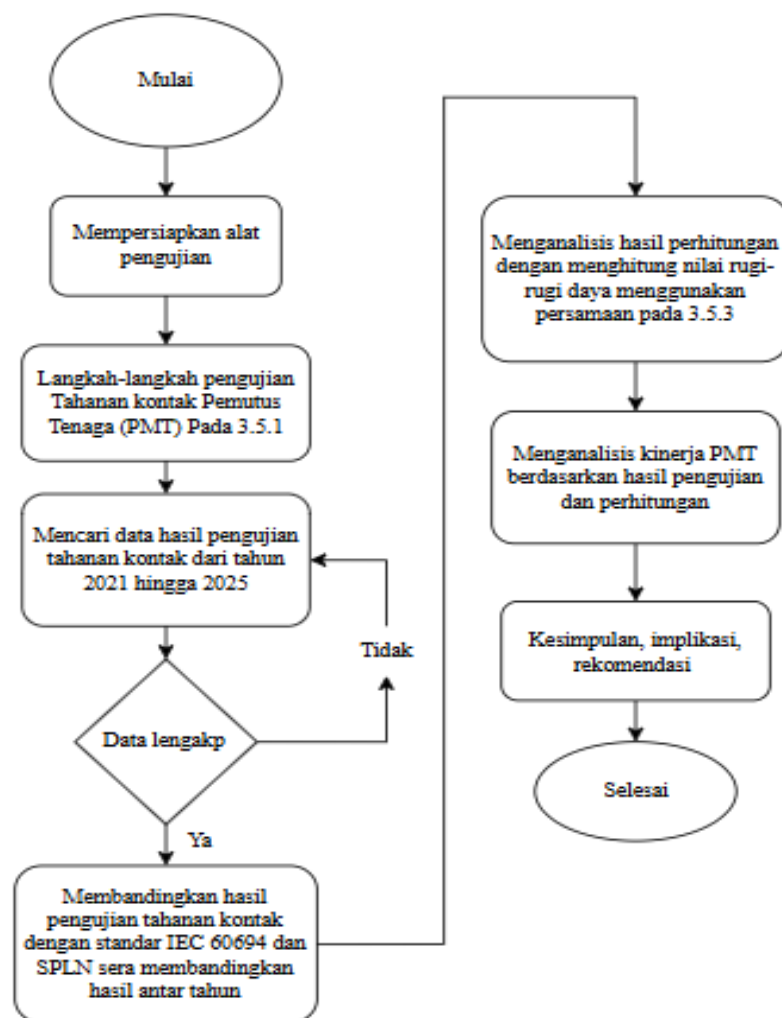
Prosedur penelitian merupakan langkah-langkah yang dilakukan untuk memperoleh data atau informasi yang diperlukan dalam suatu penelitian. Penelitian ini fokus pada analisis nilai tahanan kontak sebelum dan sesudah pemeliharaan pada Pemutus Tenaga (PMT) 20 kV. Diagram alir terkait prosedur penelitian ini ditunjukkan oleh **Gambar 3.5**.



Gambar 3.5 Diagram Alir Prosedur Penelitian

3.5. Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini bertujuan untuk mengolah dan mengevaluasi hasil pengukuran tahanan kontak pada PMT kubikel 20 kV sebelum dan sesudah pemeliharaan, serta menghitung rugi daya yang ditimbulkan. Setelah data yang diperlukan terkumpul, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan analisis data. Analisis data pada penelitian ini juga melibatkan perhitungan untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan sebelumnya. Diagram alir analisis data dapat dilihat pada **Gambar 3.6**.



Gambar 3.6 Diagram Alir Analisis Data

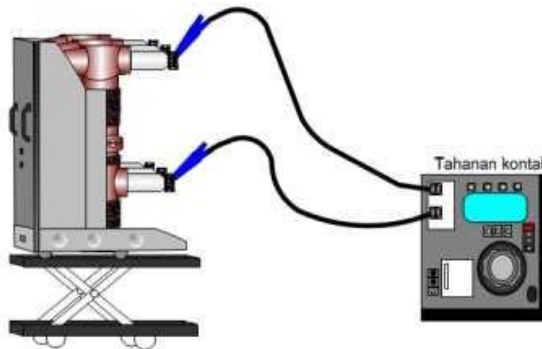
Penelitian ini fokus pada hasil pengukuran. Dari hasil pengukuran dilakukan perhitungan rugi-rugi daya. Nilai dari tahanan kontak pada Pemutus Tenaga (PMT) merujuk pada standar yang telah ditetapkan sesuai dengan petunjuk atau dari pabrikan masing-masing PMT kubikel, sebagai contoh adalah:

- Buku manual PMT ASEA $\leq 45 \mu\Omega$
- Buku manual PMT MG $\leq 35 \mu\Omega$
- Buku manual PMT Alsthom $\leq 40 \mu\Omega$

Nilai standar pengukuran tahanan kontak pada PMT ditetapkan sebesar $R < 100 \mu\Omega$ (sesuai dengan P3B O&M pmt/001.01 dan SK Direksi Tahun 2012/2013).

3.5.1. Langkah-Langkah Pengukuran Tahanan Kontak

1. Persiapan
 - a. Menggunakan perlengkapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)
 - b. Menyiapkan alat ukur tahanan kontak dan kabel-kabel konektor dan pastikan alat dalam kondisi baik
 - c. Siapkan *tool set* yang diperlukan dalam pengukuran tahanan kontak ini
 - d. Letakkan alat ukur tahanan kontak pada tempat yang aman dan terjangkau untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja
2. Pelaksanaan
 - a. Hubungkan Pemutus Tenaga (PMT) serta alat uji tahanan kontak terhadap tanah
 - b. Pastikan Pemutus Tenaga (PMT) dalam posisi tertutup (*close*)
 - c. Sambungkan kabel uji menggunakan metode *4-wire (kelvin connection)*: 2 kabel arus + 2 kabel tegangan di titik yang sama
 - d. Sambungkan probe ke masing-masing ujung kontak utama PMT (*input dan output*)
 - e. Hubungkan kabel uji mVolt sedekat mungkin dengan terminal yang akan diuji
 - f. Posisikan saklan pada alat uji ke posisi *on*
 - g. Gunakan skala 200 A pada alat uji lalu mulai pengukuran tahanan kontak dengan menekan tombol “TEST”
 - h. Lakukan pengukuran pada tiap fasa (R, S, T)
 - i. Catat hasil pengukuran pada lembar kerja yang telah disiapkan.
3. Setelah Pengukuran
 - a. Matikan alat uji dan lepaskan koneksi
 - b. Laporkan dan dokumentasikan hasil pengukuran
 - c. Kembalikan PMT ke kondisi normal jika tidak ada masalah
 - d. Simpan kembali pada kotak penyimpanan.



Gambar 3.7 Simulasi Pengukuran Tahanan Kontak

3.5.2. Perhitungan Tahanan Kontak

Prinsip dasar pengukuran tahanan kontak PMT sama dengan alat ukur tahanan murni (R_{dc}), tetapi pada tahanan kontak arus yang dialirkan lebih besar $I = 100$ Ampere. Dalam pengukuran tahanan kontak pada Gardu Induk Cigereleng sesuai dengan buku pedoman pemeliharaan peralatan SE.031/PSR/1984. Gardu Induk Cigereleng menggunakan standar pengukuran PMT Merlin Gerin (MG) yaitu $\leq 35 \mu\Omega$. Secara teoritis, standar pengukuran tahanan kontak dapat dihitung menggunakan rumus 3.1 sebagai berikut:

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana pada rumus 3.1 yaitu:

R = Tahanan Kontak (Ohm atau mikro-ohm)

V = Tegangan jatuh (Volt) pada kontak saat dialiri arus

I = Arus uji (Ampere)

3.5.3. Perhitungan Rugi Daya

Dalam proses pengolahan dan penjualan listrik tahanan kontak sangat berpengaruh terhadap keandalan operasi PMT. Menghitung rugi-rugi daya memiliki beberapa tujuan penting. Pertama, perhitungan ini berperan dalam meningkatkan efisiensi energi dengan mengidentifikasi bagian sistem yang kurang efisien sehingga dapat dilakukan perbaikan. Selain itu, pengurangan rugi-rugi daya dapat menekan biaya operasional karena energi yang hilang dapat diminimalkan. Tujuan lainnya adalah untuk memperpanjang masa pakai peralatan, rugi-rugi daya

yang tinggi dapat menimbulkan panas berlebih yang beresiko mempercepat kerusakan komponen sistem. Berdasarkan hasil pengukuran tahanan kontak diperoleh dalam satuan mikro-ohm ($\mu\Omega$) kemudian digunakan untuk menghitung rugi daya. Perhitungan rugi daya ini mengacu pada rumus 3.2 sebagai berikut :

$$P_{loss} = I^2 \times R \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana pada rumus 3.2 yaitu:

P_{loss} = Rugi daya (watt)

I = Arus yang mengalir (Ampere)

R = Resistansi/Tahanan Komponen (ohm)

3.5.4. Data-Data Penunjang

Penelitian ini fokus pada pengukuran tahanan kontak PMT 20 kV sebelum dan sesudah pemeliharaan menggunakan alat ukur micro-ohmmeter Megger DLRO 200. Pengukuran dilakukan terhadap tiga fasa (R, S, dan T). Berikut adalah data hasil nilai tahanan kontak yang diperoleh:

Tabel 3.4 Hasil Pengukuran Tahanan Kontak Tahun 2021-2025

NO	TAHUN	Tahanan Kontak Sebelum Pemeliharaan ($\mu\Omega$)			Tahanan Kontak Sesudah Pemeliharaan ($\mu\Omega$)		
		FASA			FASA		
		R	S	T	R	S	T
1.	2021	61	97,3	51,9	57,1	84,6	49,3
2.	2022	60	52,9	61	55,1	43,9	57,6
3.	2023	70,6	54,3	55,2	59,7	49,1	53,2
4.	2024	78	56,7	55,9	67	54,1	47,9
5.	2025	77,3	63	55,7	75,2	60,2	51