

## Analisis Pengukuran Tahanan Kontak dan Tahanan Pertanahan Pada Pemutus Tenaga (PMT)

### Analysis of Contact Resistance Measurement and Grounding Resistance on Circuit Breaker

**Zahra Farras Sumarna<sup>1\*</sup>, Eki Ahmad Zaki Hamidi<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung

Jln. AH. Nasution No. 105 Bandung

zahrafarras7@gmail.com<sup>1\*</sup>, ekiahmadzaki@uinsgd.ac.id<sup>2</sup>

**Abstrak** - Proses pemeliharaan pemutus tenaga (PMT) sangat penting dilakukan diantaranya pengukuran tahanan kontak, untuk mengetahui kondisi kontak PMT masih beroperasi dengan baik atau sudah perlu dilakukan perbaikan, serta tahanan pentanahan untuk mengetahui nilainya agar mencegah terjadinya tegangan kejut yang berbahaya bagi manusia dan peralatan. Dalam pengukuran tahanan kontak dan tahanan pentanahan pada objek PMT bay Cikarang I Gardu Induk 150 kV Jababeka telah dianalisis dan dilakukan perbandingan antara pengukuran dengan micro ohm meter dan perhitungan manual. Nilai tahanan kontak PMT pada masing-masing fasa R, S, T, sebesar  $38 \mu\Omega$ ,  $89 \mu\Omega$ ,  $40 \mu\Omega$ . Hal ini menunjukkan bahwa tahanan kontak pada PMT masih dibawah batas normal, menurut standar PLN sebesar  $R < 100 \mu\Omega$ . Presentase kesalahan untuk perbandingan antara pengukuran tahanan kontak menggunakan micro ohm meter dengan perhitungan manual pada masing-masing fasa R, S, T sebesar dibawah 1%. Nilai pengukuran tahanan pentanahan PMT di setiap fasa R, S, T sebesar  $0,23 \Omega$ ,  $0,19 \Omega$ ,  $0,31 \Omega$ . Hal ini menunjukkan bahwa sistem pentanahan masih baik, menurut standar PUIL 2000 sebesar  $\leq 1 \Omega$ .

**Kata kunci:** Gardu induk, pemutus tenaga, tahanan kontak, tahanan pertanahan

**Abstract** - The process of maintaining the circuit breaker (PMT) is very important, including measuring contact resistance, to find out if the PMT contact is still operating properly or if it needs to be repaired, as well as grounding detention to determine how to prevent dangerous shock voltages and human equipment. In the contact resistance on the object PMT bay Cikarang I Jababeka substation has been analyzed and made a comparison between measurements with a micro ohm meter and manual calculations. The PMT contact value for each phase R, S, T is  $38 \mu\Omega$ ,  $89 \mu\Omega$ ,  $40 \mu\Omega$ . This shows that the contact limit at PMT is still below the normal limit, according to PLN standards of  $R < 100 \mu\Omega$ . The comparison presentation between contact limit measurements using a micro ohm meter with manual calculations for each R, S, T phase is below 1%. The value of the PMT grounding resistance measurement in each phase R, S, T is  $0,23 \Omega$ ,  $0,19 \Omega$ ,  $0,31 \Omega$ . That indicates that the grounding system is still good, according to the PUIL 2000 standard of  $\leq 1 \Omega$ .

**Keywords:** Substations, circuit breaker, contact resistance, grounding resistance.

#### 1. Pendahuluan

Dalam sebuah perusahaan tenaga listrik yang bergerak di segala sektor mengenai ketenagalistrikan seperti pembangkit, transmisi, dan distribusi, pemeliharaan sarana instalasi memegang peranan penting dalam menunjang kualitas dan keandalan penyediaan tenaga listrik kepada konsumen. Pemeliharaan sarana instalasi menjadi salah satu proses kegiatan yang bertujuan menjaga kondisi peralatan tenaga listrik, sehingga dalam pengoperasiannya peralatan dapat selalu berfungsi dengan baik sesuai standar yang telah ditentukan PT. PLN (Persero)[1].

Berdasarkan IEV (*International Electrotechnical Vocabulary*) 441-14-20 disebutkan bahwa *Circuit Breaker* (CB) atau Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar / *switching* mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal/gangguan seperti kondisi hubung singkat atau *short circuit* [2].

Seiring lamanya pengoperasian pemutus tenaga (PMT), maka sangat diperlukan pengecekan dan pengukuran salah satu pada tahanan kontak. Rangkaian tenaga listrik sebagian besar terdiri dari banyak titik sambungan. Dimana sambungan ialah dua atau lebih permukaan dari beberapa jenis konduktor bertemu secara fisik dan pertemuan dari beberapa konduktor ini yang menyebabkan adanya suatu hambatan/resistan. Jadi tahanan kontak adalah adanya pertemuan dari beberapa konduktor yang menyebabkan suatu hambatan/resistan. Tujuan dari pengukuran tahanan kontak ini untuk mengetahui nilai tahanan kontak yang harus seminimal mungkin agar PMT beroperasi dengan baik. Dalam pengukuran tahanan kontak pada pemutus tenaga (PMT) menggunakan alat ukur *mikro ohm meter*[3].

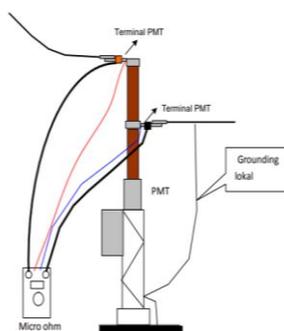
Selain itu, dalam suatu gardu induk dibutuhkan suatu sistem resistansi pentanahan yang baik. Hal ini dimaksud agar ketika terjadi gangguan ke tanah pada gardu induk tidak akan membahayakan keselamatan manusia, sebab arus gangguan akan mengalir pada bagian peralatan dan ke piranti pentanahan. Hal ini akan menimbulkan pada permukaan tanah yang berbahaya bagi manusia dan peralatan yang berada di area gardu induk. Oleh sebab itu diperlukan sistem pentanahan yang baik dan efektif. Dalam pengukuran tahanan pentanahan dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Digital Earth Tester*[4].

## 2. Metode penelitian

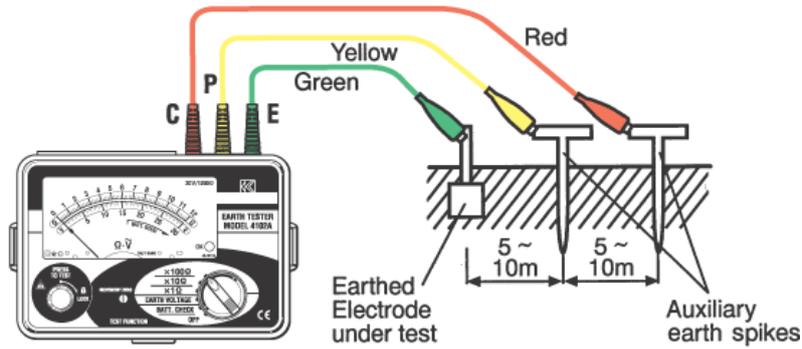
Lokasi penelitian berada di Gardu Induk 150 kV Jababeka. Peneliti menggunakan metode kuantitatif dalam penelitian ini, dengan teknik yang digunakan berupa teknik penelitian lapangan untuk melakukan pengukuran tahanan kontak dan tahanan pentanahan pada Pemutus Tenaga (PMT) Bay Cikarang 1 Gardu Induk 150 kV Jababeka. Adapun metode perhitungan yang digunakan dalam menganalisis tahanan kontak dan tahanan pentanahan dengan perhitungan manual.

### 2.1. Skema Pengukuran

Terdapat dua model skema pengukuran yang dibuat untuk pengambilan data yaitu: 1) skema pengukuran tahanan kontak; 2) skema pengukuran tahanan pentanahan.

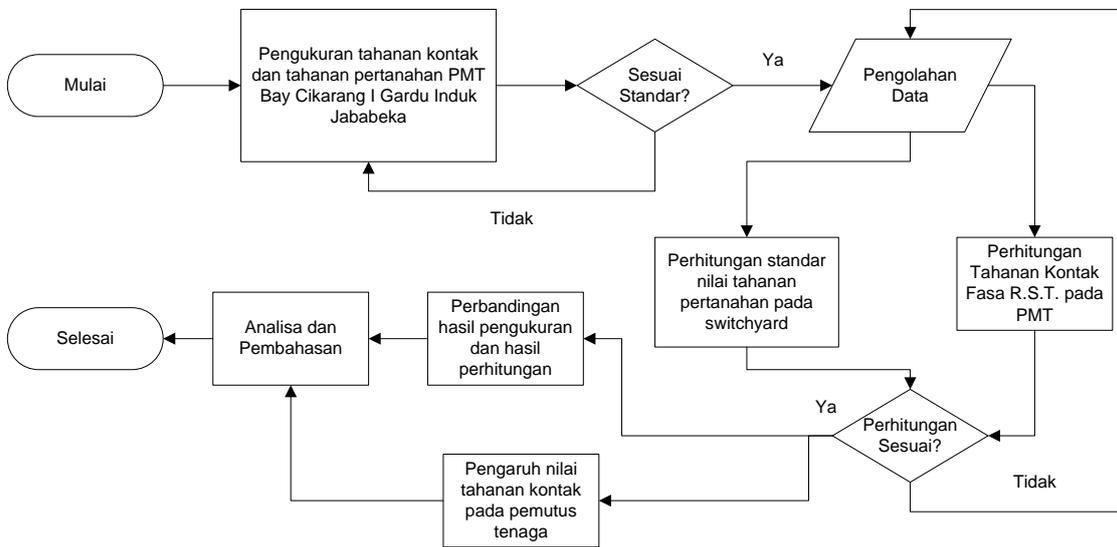


Gambar 1. Skema pengukuran tahanan kontak pada PMT.



Gambar 2. Pengaruh pemilihan metode *switching* yang berbeda dalam kondisi dinamis.

Berikut ini flowchart pengukuran untuk dan perhitungan seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir pengukuran dan perhitungan.

Pada pengukuran tahanan kontak, dilakukan saat kondisi kontak-kontak PMT tertutup (*close*). Pengukuran dilakukan terhadap terminal fasa R dan titik *grounding*, terminal fasa S dan titik *grounding*, terminal fasa T dan titik *grounding*. Nilai standar pengukuran tahanan kontak pada pemutus tenaga ditetapkan sebesar  $R < 100 \mu\Omega$  (sesuai dengan P3B O&M PMT/001.01 dan SK Direksi Tahun 2012/2013) [2].

Faktor yang mempengaruhi nilai resistansi pentanahan yaitu, tahanan jenis tanah ( $\rho$ ), panjang elektroda pentanahan, dan luas *switchyard* gardu induk. Pada Gardu Induk Jababeka, jenis tahanan pentanahannya yaitu pasir basah bernilai  $200 \Omega\text{m}$ . Nilai standar mengacu pada Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) tahun 2000, peraturan yang sesuai dan berlaku hingga saat ini yaitu  $\leq 1 \text{ ohm}$ . Dijelaskan bahwa nilai sebesar  $1 \Omega$  merupakan nilai maksimal atau batas tertinggi dari hasil resistansi pentanahan (*grounding*) yang masih bisa ditoleransi[5].

## 2.2. Analisis Data

### 2.2.1. Perhitungan Nilai Tahanan Kontak

Perhitungan nilai tahanan kontak bisa dengan menggunakan hukum Ohm yaitu:

$$V = i \times R \quad (1)$$

Dimana :

V = tegangan (volt)

i = arus (ampere)

R = hambatan (ohm)

### 2.2.2. Perhitungan Pengaruh Nilai Tahanan Kontak Pada Pemutus Tenaga (PMT)

Proses terjadinya panas bukan karena nilai tahanan kontak, melainkan oleh arus yang mengalir pada pemutus tenaga. Pertemuan dari beberapa konduktor menyebabkan suatu hambatan terhadap arus yang melaluinya, sehingga mengakibatkan panas dan kerugian teknis. Dapat dihitung dengan persamaan 2 dan persamaan 3 sebagai berikut:

$$P = I^2 \times R \quad (2)$$

$$E = P \times t \quad (3)$$

Dimana:

P = daya (watt)

I = arus (ampere)

R = hambatan (ohm)

E = energi yang dihasilkan (joule)

t = waktu (detik)

### 2.2.3. Perhitungan Standar Nilai Tahanan Pada *Switchyard*

Pentanahan di gardu induk berfungsi untuk mengalirkan arus dari kawat akibat sambaranpetir, oleh karena itu nilai pentanahan tiang harus dibuat sekecil mungkin agar tidak menimbulkan tegangan tiang yang tinggi yang pada akhirnya dapat mengganggu sistem penyaluran tenaga listrik. Batasan nilai pentanahan pada serandang adalah maksimal 1 Ohm untuk semua level tegangan. Dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut[6].

$$RA = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{A}} \quad (4)$$

Dimana:

RA = Tahanan Sistem Pentanahan ( $\Omega$ )

A = Luas *Switchyard* pada Gardu Induk ( $m^2$ )

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil Pengukuran Tahanan Kontak Pada PMT Fasa R



Gambar 4. Hasil tahanan kontak pada PMT fasa R.

Dapat dilihat pada *display*, bahwa nilai tahanan kontak pada PMT fasa R adalah  $38 \mu\Omega$ . Dari hasil pengukuran tersebut nilai tahanan kontak masih dibawah  $100 \mu\Omega$  dan dapat dikatakan tahanan kontak pada PMT fasa R dalam keadaan baik atau masih layak digunakan.

Dari gambar 4 dengan menekan tombol  $\Omega$  akan diketahui hasil pengukuran tegangan yang tercantum pada alat ukur *micro ohm meter*, nilai tegangan disini merupakan nilai tegangan jatuh (*voltage drop*) seperti pada gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5. Pengukuran tegangan pada PMT fasa R.

Dapat dilihat pada *display*, hasil pengukuran tegangan pada PMT fasa R adalah 3,82 mV. Nilai tersebut akan dimasukkan pada perhitungan, kemudian dibandingkan antara hasil perhitungan dan pengukuran menggunakan alat ukur *micro ohm meter*.

#### 3.2. Hasil Pengukuran Tahanan Kontak Pada PMT Fasa S

Hasil pengukuran tahanan kontak pada PMT fasa S adalah seperti pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Hasil pengukuran tahanan kontak pada PMT fasa S

Dapat dilihat pada *display*, bahwa nilai tahanan kontak pada PMT fasa S adalah  $39 \mu\Omega$ . Dari hasil pengukuran tersebut nilai tahanan kontak masih dibawah  $100 \mu\Omega$  dan dapat dikatakan tahanan kontak pada PMT fasa S dalam keadaan baik atau masih layak digunakan.

Dari gambar 6 dengan menekan tombol  $\Omega$  akan diketahui hasil pengukuran tegangan yang tercantum pada alat ukur *micro ohm meter*, nilai tegangan disini merupakan nilai tegangan jatuh (*voltage drop*) seperti pada gambar 7 sebagai berikut:



Gambar 7. Hasil pengukuran tegangan pada PMT fasa S

Dapat dilihat pada display, hasil pengukuran tegangan pada PMT fasa S adalah  $3,90 \text{ mV}$ . Nilai tersebut akan dimasukkan pada perhitungan, kemudian dibandingkan antara hasil perhitungan dan pengukuran menggunakan alat ukur *micro ohm meter*.

### 3.3. Hasil Pengukuran Tahanan Kontak Pada PMT Fasa T

Hasil pengukuran tahanan kontak pada PMT fasa T adalah seperti pada gambar 8 berikut.



Gambar 8. Hasil pengukuran tahanan kontak pada PMT fasa T

Dapat dilihat pada *display*, bahwa nilai tahanan kontak pada PMT fasa T adalah  $40 \mu\Omega$ . Dari hasil pengukuran tersebut nilai tahanan kontak masih dibawah  $100 \mu\Omega$  dan dapat dikatakan tahanan kontak pada PMT fasa T dalam keadaan baik atau masih layak digunakan.

Dari gambar 8 dengan menekan tombol  $\Omega$  akan diketahui hasil pengukuran tegangan yang tercantum pada alat ukur *micro ohm meter*, nilai tegangan disini merupakan nilai tegangan jatuh (*voltage drop*) seperti pada gambar 9 sebeagai berikut.



Gambar 9. Hasil pengukuran tegangan pada PMT fasa T

Dapat dilihat pada *display*, hasil pengukuran tegangan pada PMT fasa T adalah  $4,04 \text{ mV}$ . Nilai tersebut akan dimasukkan pada perhitungan, kemudian dibandingkan antara hasil perhitungan dan pengukuran menggunakan alat ukur *micro ohm meter*.

#### 3.4. Perhitungan Tahanan Kontak Pada Fasa R

Sesuai dengan hasil alat ukur *micro ohm meter* pada fasa R tercantum arus dan tegangan. Pada saat pengukuran seperti pada gambar 2 diketahui nilai arus (I) sebesar  $101 \text{ A}$ , dan nilai tegangan (V) sebesar  $3,82 \text{ mV}$ . Nilai arus dan tegangan tersebut akan dimasukkan pada perhitungan menggunakan rumus Hukum Ohm agar dapat diketahui nilai tahanan kontak pada PMT fasa R. Maka didapat nilai tahanan kontak yaitu  $37,8 \mu\Omega$ . Hasil perhitungan pada fasa R akan dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan *micro ohm meter* pada fasa R.

#### 3.5. Perhitungan Tahanan Kontak Pada Fasa S

Sesuai dengan hasil alat ukur *micro ohm meter* pada fasa S tercantum arus dan tegangan. Pada saat pengukuran seperti pada gambar diketahui nilai arus (I) sebesar  $100 \text{ A}$ , dan nilai tegangan (V) sebesar  $3,90 \text{ mV}$ . Nilai arus dan tegangan tersebut akan dimasukkan pada perhitungan menggunakan rumus Hukum Ohm agar dapat diketahui nilai tahanan kontak pada PMT fasa S. Maka didapat nilai tahanan kontak yaitu  $39 \mu\Omega$ . Hasil perhitungan pada fasa S akan dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan *micro ohm meter* pada fasa S.

#### 3.6. Perhitungan Tahanan Kontak Pada Fasa T

Sesuai dengan hasil alat ukur *micro ohm meter* pada fasa T tercantum arus dan tegangan. Pada saat pengukuran seperti pada gambar 6 diketahui nilai arus (I) sebesar  $100 \text{ A}$ , dan nilai tegangan (V) sebesar  $4,04 \text{ mV}$ . Nilai arus dan tegangan tersebut akan dimasukkan pada perhitungan menggunakan rumus Hukum Ohm agar dapat diketahui nilai tahanan kontak pada PMT fasa T. Maka didapat nilai tahanan kontak yaitu  $40,4 \mu\Omega$ . Hasil perhitungan pada fasa T akan dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan *micro ohm meter* pada fasa T.

### 3.7. Perbandingan Hasil Pengukuran dengan Hasil Perhitungan

Hasil perbandingan antara pengukuran tahanan kontak dengan *micro ohm meter* seperti pada gambar 4, 6, 8 dan perhitungan menggunakan rumus yang sudah diketahui pada uraian sebelumnya, hasilnya disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 1.** Perbandingan hasil pengukuran tahanan kontak dengan Micro Ohm Meter (MOM) dan perhitungan

Fasa	Pengukuran (MOM) $\mu\Omega$	Perhitungan ( $\mu\Omega$ )	Presentasi Kesalahan (%)	Keterangan
R	38	37,8	0,52	Baik
S	39	39	0	Baik
T	40	40,5	0,99	Baik

Dari tabel 1 perbandingan hasil pengukuran tahanan kontak dengan *micro ohm meter* dan perhitungan manual, dapat disimpulkan bahwa nilai tahanan kontak PMT masing-masing fasa R, S, dan T tersebut tidak jauh berbeda. Untuk menghitung presentase kesalahan pada tabel diatas dapat menggunakan persamaan (5) berikut:

$$\% \text{ Kesalahan} = \left| \frac{Hh - Hp}{Hh} \right| \times 100\% \quad (5)$$

Dimana Hh adalah hasil hitung dan Hp adalah hasil pengukuran, maka jika dihitung manual pada masing-masing fasa yaitu:

- Fasa R = 0,52%
- Fasa S = 0%
- Fasa T = 0,99%

Dalam pengukuran tahanan kontak terdapat nilai arus dan tegangan. Nilai arus pada fasa R, S, dan T berbeda karena pada saat memberikan arus dalam memposisikan range arus tidak akurat pada titik 100 A. sedangkan nilai tegangan pada fasa R, S, dan T berbeda karena hasil ukur antara arus yang diberikan dengan hambatan yang diperoleh dari pengujian tahanan kontak tersebut. Akan tetapi, dapat dikatakan pengukuran tahanan kontak pada PMT bay Cikarang I ini terbilang baik dan setelah dibandingkan dengan perhitungan manual hasilnya tidak jauh berbeda dan nilai kesalahan tidak tinggi.

### 3.8. Pengaruh Nilai Tahanan Kontak Pada Pemutus Tenaga (PMT)

Nilai tahanan kontak pada PMT yang normal harus (acuan awal) disesuaikan dengan petunjuk/manual dari masing-masing pabrikan PMT (dikarenakan nilai ini akan berbeda antar merk), namun apabila di petunjuk/manual dari pabrikan tidak mencantumkan nilai tersebut, maka dapat menggunakan nilai standar  $R < 100 \mu\Omega$  (sesuai dengan P3B O dan M PMT/001.01). Pada pemutus tenaga (PMT) nilai tahanan kontak harus dibawah  $100 \mu\Omega$  karena untuk mencegah terjadinya panas pada kontak pemutus tenaga tersebut.

Proses terjadinya panas bukan karena nilai tahanan kontak, melainkan oleh arus yang mengalir pada pemutus tenaga. Pertemuan dari beberapa konduktor menyebabkan suatu hambatan terhadap arus yang melaluinya, sehingga mengakibatkan panas dan kerugian teknis.

Dapat dicontohkan jika nilai tahanan kontak adalah  $1 \Omega$  dan arus yang mengalir  $100 \text{ A}$ , pemutus tenaga beroperasi dalam satu hari ( $t = 24 \times 60 \times 60 = 86400$  detik), dan untuk mendapatkan nilai P dan E, maka dengan menggunakan persamaan 2 dan 3, didapat  $P = 10.000$  Watt dan  $E = 864$  Mega Joule.

Untuk menjadi panas dari energy akan dikonversikan menjadi kalori, karena 1 joule = 0,24 kalori. Dengan demikian panas yang timbul pada tahanan kontak dapat dihitung dengan  $Q = 0,24 \times E$ , maka didapat  $Q = 203.040.000$  kalori.

Dari uraian perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa jika nilai tahanan kontak besar akan berpengaruh dan dapat menimbulkan panas pada kontak pemutus tenaga.

Untuk mengetahui batas panas atau kalori dapat ditinjau dari batas standar tahanan kontak yaitu  $100 \mu\Omega$ . Dengan demikian jika nilai tahanan kontak  $100 \mu\Omega$  dan arus yang mengalir adalah 100 A, pemutus tenaga beroperasi dalam waktu satu hari ( $t = 24 \times 60 \times 60 = 86400$  detik), dan untuk mendapatkan nilai P dan E, maka dengan menggunakan persamaan 2 dan 3, didapat  $P = 1$  Watt dan  $E = 86400$  Joule.

Untuk menjadi panas dari energy akan dikonversikan menjadi kalori, karena 1 joule = 0,24 kalori. Dengan demikian panas yang timbul pada tahanan kontak dapat dihitung dengan  $Q = 0,24 \times E$ , maka didapat  $Q = 20.304$  kalori.

Dari kedua uraian perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai tahanan kontak berpengaruh terhadap PMT, jika nilai tahanan kontak besar dalam jangka lama maka kontak pemutus tenaga akan panas dan akan terjadi *break down* atau terjadinya kerusakan. Sedangkan jika nilai tahanan kontak kecil sesuai batas standar kontak, maka pemutus tenaga akan beroperasi dengan baik tanpa adanya kerusakan.

### 3.9. Pengukuran Tahanan Pertanahan

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur tahanan pentanahan yaitu *earth ground tester* merek Kyoritsu. Hasil pengukuran tahanan pentanahan pada pemutus tenaga (PMT) bay Cikarang I Gradu Induk 150 kV Jababeka, dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Hasil pengukuran tahanan dan pertanahan

Titik Ukur	Fasa R			Fasa S			Fasa T		
	Std	Thn lalu	Hasil Ukur	Std	Thn lalu	Hasil Ukur	Std	Thn lalu	Hasil Ukur
Tahanan Pertanahan	1	0,12	0,23	1	0,13	0,19	1	0,13	0,31

Pada hasil pengukuran tahanan pentanahan pada pemutus tenaga (PMT) yang disajikan dalam bentuk tabel, hasil masing-masing fasa yaitu R, S, T masih dibawah  $1 \Omega$ . Hal ini menunjukkan bahwa sistem pentanahan pada pemutus tenaga (PMT) bay 1 Cikarang Gardu Induk 150 kV Jababeka masih terbilang baik.

### 3.10. Metode Perhitungan Untuk Mengetahui Standar Nilai Tahanan Pertanahan Pada *Switchyard*

Dalam sistem pentanahan/pembumian (*grounding*) pada gardu induk, perhitungan ini memang tidak terlalu diperlukan atau tidak terlalu menjadi acuan, yang terpenting pada saat pengukuran tahanan pentanahan hasilnya tidak boleh melebihi batas nilai standar yang sudah ditentukan, yaitu  $1 \Omega$ . Maka perhitungan sistem pentanahan pada *switchyard* dapat dihitung menggunakan persamaan 4, dimana pada tahanan jenis tanah ( $\rho$ ) *switchyard* GI 150 kV Jababeka bernilai  $200 \Omega\text{m}$ , karena jenis tanahnya yaitu pasir basah. Dengan luas ( $A$ ) *switchyard* sekitar  $11220 \text{ m}^2$ , didapatkan nilai tahanan pentanahan ( $RA$ ) yaitu  $0,835 \Omega$ . Nilai ini menjadi batasan tahanan pentanahan untuk setiap serandang pada *switchyard* GI 150 kV Jababeka. Akan tetapi, ini hanya sekedar teori perhitungan saja, dan nilainya tidak menjadi acuan. Nilai standar mengacu pada PUIL 2000 yaitu  $\leq 1 \text{ ohm}$ .

#### 4. Kesimpulan

Pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur *micro ohm meter*. Nilai tahanan kontak PMT bay Cikarang I pada masing-masing fasa R, S, T yaitu 38  $\mu\Omega$ , 89  $\mu\Omega$ , 40  $\mu\Omega$  terbilang baik karena dibawah 100  $\mu\Omega$ , dengan demikian pemutus tenaga dalam keadaan baik atau masih layak digunakan. Dalam pemutus tenaga (PMT) nilai tahanan kontak sangat berpengaruh, karena jika nilai tahanan kontak besar akan menyebabkan panas dan kerugian teknis. Perbandingan hasil pengukuran tahanan kontak dengan *micro ohm meter* dan perhitungan manual dapat disimpulkan bahwa nilai tahanan kontak PMT masing-masing fasa R, S, dan T tersebut tidak jauh berbeda, dan presentase kesalahan terhitung kecil yaitu dibawah 1%. Sistem pentanahan sangat vital karena sebagai sistem pengaman untuk gardu induk. Nilai tahanan pentanahan tidak boleh melebihi standar PUIL 2000 sebesar 1 ohm. Pengukuran tahanan pentanahan menggunakan alat ukur *earth ground tester*.

#### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberi nikmat sehat dan nikmat waktu, kedua orang tua dan rekan-rekan yang telah memberikan berbagai dukungan baik itu dukungan secara moral maupun material serta dorongan semangat, juga kepada bapak Eki Ahmad Zaki Hamidi yang dengan ikhlas meberikan bimbingan, arahan, serta masukan dalam penyelesaian penelitian ini.

#### Referensi

- [1] PT. PLN (Persero), *Buku Pedoman Pemeliharaan Serandang dan Pentanahan GI*. 2014.
- [2] Robaga, S, A. Setyo, I. Samsu, and E. Al, *Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga*. PT. PLN, 2009.
- [3] Baha, "Sistem Pembumian (Grounding System)." <https://baha.my.id/posts/sistem-pembumian-grounding-system/> (accessed Mar. 30, 2021).
- [4] Wijdan, "Mengenal Elektroda Pentanahan, Jenis Tahanan Tanah, dan Cara Mengukurnya," 2017. <https://www.kelistrikanku.com/2016/05/elektroda-pentanahan.html> (accessed Apr. 01, 2021).
- [5] B. S. Nasional, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)," vol. 2000, 2000.
- [6] Dunia Listrik, "Proses Terjadinya Busur Api pada Circuit Breaker." <http://dunia-listrik.blogspot.com/2010/04/proses-terjadinya-busur-api-pada.html> (accessed Mar. 30, 2021).
- [7] E. A. Z. Hamidi, M. R. Effendi, and H. A. Shiddiq, "Perancangan dan Implementasi Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Proses Sedimentasi Water Treatment Plant (WTP) Dengan Menggunakan Raspberry PI 3 B," *IEEE*, pp. 1–7, 2018.
- [8] F. A. Nugraha, S. Opipah, E. A. Z. Hamidi, and M. R. Effendi, "Implementasi Sistem SCADA Pada Proses Koagulasi Water Treatment Plant Berbasis Raspberry Pi," *Prosiding-Seminar Nas. Tek. Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, pp. 592–600, 2020.