

# **ANALISIS TAHANAN ISOLASI PERALATAN UTAMA GARDU INDUK**

(Studi dilakukan di PT. PLN (Persero) APP Cawang *Base Camp Cawang*)



**Novia Fidianti  
5115131462**

**Skripsi ini Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Kependidikan**

**PENDIDIKAN VOKASIONAL TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2018**

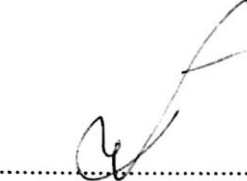
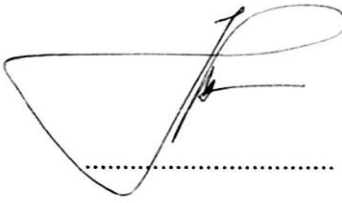



**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS TAHANAN ISOLASI PERALATAN UTAMA GARDU INDUK**

**(Studi dilakukan di PT. PLN (Persero) APP Cawang Base Camp Cawang)**

**NOVIA FIDIANTI / 5115131462**

**PANITIA UJIAN SKRIPSI**

| <b>NAMA DOSEN</b>   | <b>TANDA TANGAN</b>  | <b>TANGGAL</b> |
|---|--|----------------|
| Dr. Daryanto, M.T<br>NIP. 196307121992031002<br>(Ketua Penguji)                   |    | 13-2-2018      |
| Masuss Subekti, S.Pd, M.T<br>NIP. 197809072003121002<br>(Sekretaris)              |   | 13-2-2018      |
| Mochammad Djaohar, M.Sc<br>NIP. 19700303200604 1001<br>(Dosen Ahli)               |  | 13-2-2018      |
| Aris Sunawar, S.Pd, M.T<br>NIP. 198206282009121003<br>(Dosen Pembimbing I)        |  | 13-2-2018      |
| Drs. Purwanto Gendroyono, M.T<br>NIP. 195711291983031001<br>(Dosen Pembimbing II) |  | 13.02.2018     |

Tanggal Lulus : .....



## HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademi sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebut nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat sesungguhnya dan apabila dikemudia hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pertanyaan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Januari 2018

Yang membuat pernyataan



Novia Fidianti  
5115131462

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah saya panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan pertolongan, rahmat, karunia serta hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “ANALISA NILAI PENGUKURAN TAHANAN ISOLASI TERHADAP KEAMANAN PERALATAN UTAMA GARDU INDUK.” Dalam pembuatan skripsi ini tidak terlepas dari adanta tantangan, halangan, dan rintangan yang datang silih berganti. Hari demi hari dilewati dengan perjuangan, pengorbanan, keluh kesah, kesedihan dan kebahagiaan agar skripsi ini bisa terselesaikan di waktu yang tepat untuk mendapatkan gelar sarjana.

Pembuatan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan pihak lain. Mulai dari awal proses perencanaan, penelitian, serta penulisan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak dorongan semangat serta doa dari orang-orang yang ada disekitar. Pada kesempatan kali ini, izinkan saya untuk mengucapkan terimakasih kepada orang-orang yang telah membantu dalam kelancaran dan kemudahan untuk penyelesaian skripsi ini, diantaranya :

1. Bapak Massus Subekti, S.Pd, M.T selaku Kepala Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Aris Sunawar, S.Pd, M.T selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Drs. Purwanto Gendroyono, M.T selaku Dosen Pembimbing II.
4. Keluarga saya tercinta yakni kedua orang tua saya dan kakak satu-satunya, yang tiada henti mengingatkan, menyemangati, mendukung dan mendoakan saya dalam penyelesaian skripsi ini.

5. Teman-teman Pendidikan Teknik Elektro UNJ 2013 yang bersama-sama berjuang dari awal masuk kuliah.
6. Teman-teman “Ceria Terus” yang terdekat dengan saya selama berkuliah di Teknik Elektro, yang selalu menyemangati dan mendoakan saya dari awal proses penyusunan skripsi, dan berjuang bersama di akhir semester.
7. Untuk Cindy Camelia Putri yang tiada hentinya mengingatkan saya untuk segera menyelesaikan proses penulisan skripsi ini. Terimakasih atas semangat, dukungan, doa, dan telah menjadi contoh yang baik bagi penulis.
8. Kepada Pak Ade Sobandi, Kak Diana, Mas Made, dan seluruh staff HARGI Cawang yang sangat membantu dalam proses penelitian skripsi.
9. Untuk TSM, yang selalu menyediakan waktu, mendengar keluh kesah, menyemangati dan mendoakan penulis. Terimakasih atas semua support yang diberikan. Semoga kita bisa sukses bersama.
10. Seluruh pihak lain yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah membantu saya dalam menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis, 11 Januari 2018

Novia Fidianti

5115131462

## **ABSTRAK**

**Novia Fidianti. ANALISIS TAHANAN ISOLASI UTAMA GARDU INDUK.**  
Pembimbing Aris Sunawar, S.Pd, M.T dan Drs. Purwanto Gendroyono, M.T.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keamanan peralatan utama Gardu Induk 150 kV di GI Cawang melalui pengukuran nilai tahanan isolasi yang sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Subjek penelitian yang akan diteliti adalah perbandingan nilai tahanan isolasi pada perawatan sebelum dan sesudah. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui adanya perubahan nilai tahanan isolasi peralatan utama GI. Peralatan utama yang diteliti adalah LA, PMT, CT, VT, dan Trafo. Pengukuran dilakukan dengan alat ukur Megger Kyoritsu tipe 3125, dengan injeksi tegangan 5kV. Untuk injeksi tegangan 5kV, nilai maksimal alat uji sebesar  $>1000 \text{ G}\Omega$ . Standar yang digunakan adalah IEEE 43-2000, yaitu  $> 1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ .

Hasil penelitian pada masing-masing peralatan utama Gardu Induk menunjukkan bahwa adanya perubahan nilai tahanan isolasi setelah dilakukan perawatan. Nilai tahanan isolasi peralatan utama pada GI Cawang berada diatas nilai minimum standar yang digunakan. Semakin besar nilai tahanan isolasi, maka semakin baik isolasi tersebut.

**Kata kunci: Tahanan Isolasi, Pemeliharaan, Gardu Induk**

## **ABSTARCT**

**Novia Fidianti. ANALYSIS OF THE INSULATION RESISTANCE OF THE MAIN SUBSTATION'S EQUIPMENT. Supervisor Aris Sunawar, S.Pd, M.T dan Drs. Purwanto Gendroyono, M.T.**

The purpose of this research is to find out the safety of the main component in Cawang's 150 kV substation through the insulation resistance measurement with a standard.

The method that used in this research is quantitative descriptive method. The subject of this research is to compare the insulation resistance value in previous and after maintenance. It is done to know the insulation resistance value transformation of the main equipment itself. The equipment that inspected are LA, PMT, CT, VT, and Power Transformer. The insulation resistance measurement use Megger Kyoritsu type 3125 with 5 kV injection. For 5 kV injection, the maximal value for testing device is  $>1000 \text{ G}\Omega$ . The standard that used in this research is IEEE 43-2000 ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ).

The result from each main equipment showed that there is a transformation of insulation resistance value after maintenance. The insulation resistance values of the main equipment in Cawang's Substation are above the standard. The more insulation resistance value rise, the better the condition of insulation itself.

**Keywords: The Insulation Resistance, Maintenance, Substation**



## DAFTAR ISI

|   |             |
|---|-------------|
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....                                 | <b>ii</b>   |
| <b>HALAMAN PERNYATAAAN</b> .....                                | <b>iii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                                     | <b>iv</b>   |
| <b>ABSTRAK</b> .....  | <b>vi</b>   |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | <b>vii</b>  |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....   | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                      | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                                       | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                                    | <b>xii</b>  |
| <b>BAB 1: PENDAHULUAN</b> .....                                 | <b>1</b>    |
| 1.1. Latar Belakang Masalah.....                                | 1           |
| 1.2. Identifikasi Masalah.....                                  | 4           |
| 1.3. Batasan Masalah.....                                       | 4           |
| 1.4. Rumusan Masalah.....                                       | 5           |
| 1.5. Tujuan Penelitian.....                                     | 5           |
| 1.6. Kegunaan Penelitian.....                                   | 6           |
| <b>BAB 2: KERANGKA TEORITIK</b> .....                           | <b>7</b>    |
| 2.1. Landasan Teori.....  | 7           |
| 2.1.1. Pengertian Analisis.....                                 | 7           |
| 2.1.2. Pemeliharaan dan Perawatan Gardu Induk.....              | 9           |
| 2.1.3. Pengertian Pengukuran.....                               | 13          |
| 2.1.4. Tahanan Isolasi.....                                     | 15          |
| 2.1.5. Pengertian Keadaan, Keamanan, dan Keselamatan Kerja..... | 22          |
| 2.1.6. Gardu Induk.....   | 26          |
| 2.1.6.1. Peralatan Utama Gardu Induk.....                       | 28          |
| 2.1.7. Gangguan Pada Gardu Induk.....                           | 31          |
| 2.2. Penelitian yang Relevan.....                               | 34          |
| 2.3. Kerangka Berpikir.....                                     | 35          |
| <b>BAB 3: METODOLOGI PENELITIAN</b> .....                       | <b>37</b>   |
| 3.1. Tujuan, Tempat, dan Waktu Penelitian.....                  | 37          |
| 3.2. Metode Penelitian.....                                     | 37          |
| 3.3. Diagram Penelitian.....                                    | 38          |
| 3.4. Instrumen Penelitian.....                                  | 39          |
| 3.4.1. Alat dan Bahan.....                                      | 39          |
| 3.4.2. Prosedur Pengujian.....                                  | 40          |
| 3.4.3. Tabel Data Pengujian.....                                | 41          |
| 3.5. Teknik Pengumpulan Data.....                               | 43          |
| 3.6. Teknik Analisis Data.....                                  | 43          |
| <b>BAB 4: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b> .....             | <b>44</b>   |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>BAB 3: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b> .....                | <b>44</b> |
| 4.1. Hasil Penelitian .....  | 44        |
| 4.1.1. Data Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi .....                 | 46        |
| 4.2. Pembahasan.....   | 46        |
| 4.2.1. Analisa Nilai Pengukuran Tahanan Isolasi LA Fasa R .....    | 49        |
| 4.2.2. Analisa Nilai Pengukuran Tahanan Isolasi LA Fasa S .....    | 52        |
| 4.2.3. Analisa Nilai Pengukuran Tahanan Isolasi LA Fasa T.....     | 55        |
| 4.2.4. Analisa Nilai Pengukuran Tahanan Isolasi PMT Fasa R.....    | 58        |
| 4.2.5. Analisa Nilai Pengukuran Tahanan Isolasi PMT Fasa S .....   | 61        |
| 4.2.6. Analisa Nilai Pengukuran Tahanan Isolasi PMT Fasa T .....   | 65        |
| 4.2.7. Analisa Nilai Pengukuran Tahanan Isolasi CT Fasa R.....     | 68        |
| 4.2.8. Analisa Nilai Pengukuran Tahanan Isolasi CT Fasa S .....    | 71        |
| 4.2.9. Analisa Nilai Pengukuran Tahanan Isolasi CT Fasa T.....     | 74        |
| 4.2.10. Analisa Nilai Pengukuran Tahanan Isolasi VT Fasa R .....   | 77        |
| 4.2.11. Analisa Nilai Pengukuran Tahanan Isolasi VT Fasa S.....    | 80        |
| 4.2.12. Analisa Nilai Pengukuran Tahanan Isolasi VT Fasa T.....    | 83        |
| 4.2.13. Analisa Nilai Pengukurn Tahanan Isolasi Trafo Tenaga ..... | 85        |
| <b>BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....                           | <b>85</b> |
| 4.1. Kesimpulan.....   | 43        |
| 4.2. Saran.....  | 39        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....  | <b>86</b> |
| <b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b> .....                                     | <b>88</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1  | Transformator Tenaga.....                           | 21 |
| Gambar 2.2  | Transformator Arus .....                            | 22 |
| Gambar 2.3  | Transformator Tegangan.....                         | 23 |
| Gambar 2.4  | Pemutus Tenaga (PMT).....                           | 24 |
| Gambar 2.5  | <i>Lightning Arrester (LA)</i> .....                | 25 |
| Gambar 4.1  | Diagram Nilai Tahanan Isolasi LA Pada Fasa R .....  | 46 |
| Gambar 4.2  | Diagram Nilai Tahanan Isolasi LA Pada Fasa S .....  | 49 |
| Gambar 4.3  | Diagram Nilai Tahanan Isolasi LA Pada Fasa T.....   | 52 |
| Gambar 4.4  | Diagram Nilai Tahanan Isolasi PMT Pada Fasa R.....  | 55 |
| Gambar 4.5  | Diagram Nilai Tahanan Isolasi PMT Pada Fasa S.....  | 58 |
| Gambar 4.6  | Diagram Nilai Tahanan Isolasi PMT Pada Fasa T ..... | 61 |
| Gambar 4.7  | Diagram Nilai Tahanan Isolasi CT Pada Fasa R.....   | 65 |
| Gambar 4.8  | Diagram Nilai Tahanan Isolasi CT Pada Fasa S .....  | 68 |
| Gambar 4.9  | Diagram Nilai Tahanan Isolasi CT Pada Fasa T.....   | 71 |
| Gambar 4.10 | Diagram Nilai Tahanan Isolasi VT Pada Fasa R .....  | 74 |
| Gambar 4.11 | Diagram Nilai Tahanan Isolasi VT Pada Fasa S .....  | 77 |
| Gambar 4.12 | Diagram Nilai Tahanan Isolasi VT Pada Fasa T.....   | 80 |
| Gambar 4.13 | Diagram Nilai Indeks Polarisasi Trafo Tenaga .....  | 83 |

## DAFTAR TABEL

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Tabel 2.1 | Pengamatan Umum Nilai Tahanan Isolasi.....                             | 17 |
| Tabel 2.2 | Rekomendasi Metoda IP pada Pengujian Tahanan Isolasi Trafo Tenaga .... | 19 |
| Tabel 2.2 | Rekomendasi Nilai Tahanan Isolasi Pada Trafo Arus.....                 | 20 |
| Tabel 2.3 | Rekomendasi Nilai Tahanan Isolasi Pada Trafo Tegangan .....            | 20 |
| Tabel 2.4 | Rekomendasi Pengujian Tahanan Isolasi pada PMT.....                    | 21 |
| Tabel 2.5 | Rekomendasi Pengujian Tahanan Isolasi pada LA .....                    | 26 |
| Tabel 3.1 | Pengukuran Nilai Tahanan Isolasi.....                                  | 42 |
| Tabel 4.1 | Hasil Pengukuran Nilai Tahanan Isolasi .....                           | 46 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |     |
|---|-----|
| Lampiran 1. Alat Uji Tahanan Isolasi .....                    | 103 |
| Lampiran 2. Pengujian Tahanan Isolasi Komponen Utama GI ..... | 106 |
| Lampiran 3. Form Pengujian/Pengukuran .....                   | 112 |
| Lampiran 4. Surat Selesai Penelitian .....                    | 118 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Di zaman modern sekarang ini, kebutuhan akan tenaga listrik sudah menjadi kebutuhan utama baik di kota-kota besar maupun kota-kota kecil. PT. PLN (Persero) sebagai satu-satunya perusahaan yang bergerak di bidang penyuluran tenaga listrik ke seluruh wilayah di Indonesia harus mampu menjaga ketersediaan listrik. Menjaga ketersediaan listrik ini dapat dilakukan dengan salah satu cara yaitu, dengan memelihara peralatan-peralatan penyalur energi listrik tersebut. Dalam kegiatan pemeliharaan peralatan-peralatan tersebut dikenal pengukuran tahanan isolasi.

Gardu Induk (GI) merupakan sub sistem dari sistem penyaluran transmisi tenaga listrik. Penyaluran transmisi tenaga listrik itu sendiri merupakan sub sistem dari sistem tenaga listrik. Sehingga, Gardu Induk mempunyai peranan penting dalam sistem ketenagalistrikan. Menurut Gunara (2010) Gardu Induk merupakan kumpulan peralatan listrik tegangan tinggi yang mempunyai fungsi dan kegunaan dari masing-masing peralatan yang satu sama lain saling terkait sehingga penyaluran energi listrik dapat terlaksana dengan baik. Dalam pengoperasiannya, Gardu Induk tidak dapat dipisahkan dari sistem penyaluran transmisi secara keseluruhan. Gardu Induk dapat mentransformasikan daya listrik mulai dari tegangan rendah ke tegangan ekstra tinggi dengan menyalurkannya pada tegangan tertentu sesuai kebutuhan.

Jenis Gardu Induk yang banyak dijumpai di wilayah Indonesia ini merupakan jenis Gardu Induk Pasangan Luar, dimana Gardu Induk ini sebagian besar komponennya ditempatkan diluar gedung dan biasa disebut dengan Gardu Induk Konvensional atau *Air Insulated Substation* (AIS) (Arismunandar, 2004: 1). Gardu Induk jenis ini menggunakan isolasi udara antara bagian yang bertegangan yang satu dengan bagian bertegangan lainnya. Gardu Induk ini memerlukan tempat terbuka yang cukup luas.

Menurut buku pedoman pemeliharaan peralatan primer Gardu Induk PT. PLN (2014), di dalam Gardu Induk terdapat beberapa komponen primer penunjang yang dapat memaksimalkan kinerja Gardu Induk tersendiri. Di dalam Gardu Induk Cawang terdapat *bay* (terminal) yang berguna sebagai penyalur tenaga listrik dari Gardu Induk (GI) yang satu ke GI yang lain. Penyaluran beban tersebut tidak langsung disalurkan begitu saja, melainkan melalui beberapa prosedur penyaluran dari peralatan di dalam Gardu Induk itu sendiri.

*Bay* (terminal) yang terdapat dalam Gardu Induk Cawang terdiri dari beberapa jenis Bay. Masing-masing *bay* tersebut terdapat beberapa peralatan utama yang perlu diperhatikan guna menghindari kerusakan-kerusakan yang berakibat fatal terhadap kinerja Gardu Induk itu sendiri. Peralatan pada setiap *bay* terdiri dari transformator tenaga, transformator arus, transformator tegangan, pemutus tenaga (PMT), pemisah (PMS), dan *lightning arrester* (LA). Masing-masing peralatan tersebut memiliki perlakuan yang berbeda dari segi pemeliharaan.

Pemeliharaan adalah suatu rangkaian proses kegiatan untuk mempertahankan kondisi peralatan agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Pemeliharaan itu sendiri juga merupakan usaha yang dilakukan secara sengaja dan sistematis

terhadap peralatan hingga mencapai kondisi yang dapat diterima dan diinginkan. Suatu kegiatan pemeliharaan dapat menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem agar menghasilkan *output* sesuai dengan yang dikehendaki (Vincent Gasper, 1994: 513).

Dalam kegiatan pemeliharaan di Gardu Induk dikenal istilah pengukuran tahanan isolasi. Tahanan isolasi adalah hambatan yang ada antara dua komponen yang bertegangan atau komponen bertegangan dengan *ground* (PDM/PGI/01: 2014, halaman 38). Selain itu, tahanan isolasi merupakan hambatan yang berada pada kondisi antara dua elemen konduktif yang dipisahkan oleh bahan isolasi (IEV, 212-11-07). Pengukuran tahanan isolasi pada peralatan-peralatan Gardu Induk mempunyai peranan penting guna mengetahui status isolasi peralatan dan keamanan pada setiap peralatan. Pengukuran tahanan isolasi memiliki standar universal IEEE 43-2000 dan VDE Catalogue 228/4 yaitu,  $>1 \text{ M}\Omega/1 \text{ kV}$  yang dipakai oleh PLN.

Tahanan isolasi merupakan keadaan dimana suatu peralatan memiliki nilai resistansi terhadap tegangan agar tidak terjadi *short circuit* atau kerusakan lainnya (Rusdjaja Tatang, 2014). Tahanan isolasi sangat penting untuk pencegahan kerusakan dalam peralatan listrik (Sellner Herald, 1: 2014). Tahanan isolasi digunakan untuk mengetahui aman atau tidaknya suatu peralatan untuk diberi tegangan. Pengukuran tahanan isolasi yang dilakukan pada masing-masing peralatan menghubungkan bagian yang diberi tegangan terhadap *body* yang ditanahkan. Akan tetapi, perlu diingat bahwa pengukuran tahanan isolasi dilakukan pada saat peralatan tidak bertegangan (padam) (Purnomoadi Andreas, 23: 2014).



Pengukuran tahanan isolasi yang dilakukan pada setiap peralatan utama Gardu Induk dapat memberikan gambaran sejauh mana Gardu Induk Cawang dapat mempertahankan eksistensi baiknya, dilihat dari keamanan peralatan melalui pengukuran tahanan isolasi yang dilakukan secara periodik. Berdasarkan dari hasil kegiatan pemeliharaan dengan melakukan perawatan terhadap peralatan utama GI, kita dapat mengetahui bagaimana kondisi peralatan sebelum dan sesudah diberi perawatan.

## **1.2. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut:

- 1) Apakah ada perubahan nilai tahanan isolasi setelah dilakukan perawatan?

## **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Hanya membahas mengenai prosedur pengukuran tahanan isolasi peralatan utama Gardu Induk Konvensional (AIS) 150 kV sebanyak 9 Bay.
2. Hanya membahas pengukuran tahanan isolasi pada setiap peralatan utama di Gardu Induk, yaitu Transformator Tenaga, Transformator Arus, Transformator Tegangan, Pemutus Tenaga (PMT), dan *Lightning Arrester (LA)*.
3. Penelitian dilakukan dengan memperhatikan, kemudian melakukan dan mencatat hasil dari setiap pengukuran/pengukuran tahanan isolasi.

Kemudian data tersebut dibandingkan dengan data yang diambil pada tahun sebelumnya, untuk melihat apakah ada perubahan setelah dilakukan pemeliharaan dan perawatan.

4. Data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan di PT. PLN (Persero) APP Cawang.

#### **1.4. Rumusan Masalah**

Dari masalah yang telah diidentifikasi sebelumnya, maka perumusan masalah penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana tahanan isolasi peralatan utama Gardu Induk sebelum dan sesudah dilakukan perawatan?

#### **1.5. Tujuan Penelitian**

Tujuan diadakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk mengetahui perubahan nilai tahanan isolasi setelah diberikan perawatan.

#### **1.6. Kegunaan Penelitian**

Kegunaan diadakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bila dilihat dari sudut pandang keilmuan, penelitian ini bermanfaat sebagai bahan ajar materi di perguruan tinggi, khususnya untuk mata kuliah transmisi tenaga listrik dan transformator. Selain itu, penelitian ini diharapkan berguna untuk menambah pengetahuan dan pemahaman tentang tahanan isolasi.

- 2) Dari segi praktis, hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi PT. PLN (Persero) TJBB guna memaksimalkan sistem pengoperasian pada setiap Gardu Induk.
- 3) Memberikan pengalaman bagi penulis dalam melakukan penelitian.

## **BAB II**

### **KERANGKA TEORITIK**

#### **2.1.Landasan Teori**

##### **2.1.1. Pengertian Analisis**

Analisis adalah aktivitas yang memuat sejumlah kegiatan seperti mengurai, membedakan, memilah sesuatu untuk digolongkan dan dikelompokkan kembali menurut kriteria tertentu kemudian dicari kaitannya dan ditaksir maknanya (Wiradi 2009: 20).

Dalam penelitian, memungkinkan dilakukan analisis data pada waktu peneliti berada di lapangan maupun setelah kembali dari lapangan baru dilakukan analisis. Pada penelitian ini analisis data telah dilaksanakan bersamaan dengan proses pengumpulan data (1984: 23). Proses analisis dalam penelitian ini dilakukan dengan empat tahap yaitu:

##### 1) Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dari hasil observasi dan dokumentasi dicatat dalam lapangan.

##### 2) Reduksi Data

Setelah data terkumpul, selanjutnya dibuat reduksi data, guna memilih data yang relevan dan bermakna, memfokuskan data yang mengarah untuk memecahkan masalah, penemuan, pemaknaan atau untuk menjawab pertanyaan penelitian.

### 3) Penyajian Data

Penyajian data dapat berupa bentuk tulisan atau kata-kata, gambar, grafik, dan tabel. Tujuan sajian data adalah untuk menggabungkan informasi sehingga dapat menggambarkan keadaan yang terjadi.

### 4) Penarikan Kesimpulan

Penarikan kesimpulan dilakukan selama proses penelitian berlangsung seperti halnya proses reduksi data. Setelah data terkumpul cukup memadai maka selanjutnya diambil kesimpulan sementara, dan setelah data benar-benar lengkap maka diambil kesimpulan akhir.

Dari awal penelitiannya, peneliti selalu berusaha mencari makna data yang terkumpul. Untuk itu perlu mencari pola, tema, hubungan, persamaan, hal-hal yang sering timbul, hipotesis dan sebagainya. Kesimpulan yang diperoleh mula-mula bersifat tebetatif, kabur dan diragukan. Akan tetapi, dengan bertambahnya data hasil observasi dan dengan diperolehnya keseluruhan data hasil penelitian, kesimpulan-kesimpulan itu harus diklarifikasikan dan diverifikasikan selama penelitian berlangsung.

Data yang ada kemudian disatukan ke dalam unit-unit informasi yang menjadi rumusan kategori-kategori dengan berpegang pada prinsip holistik dan dapat ditafsirkan tanpa informasi tambahan. Data mengenai informasi yang dirasakan sama disatukan ke dalam satu kategori, sehingga memungkinkan untuk timbulnya kategori baru dari kategori yang sudah ada.

Pada penelitian kali ini, peneliti akan menganalisis tentang kinerja Gardu Induk Konvensional (AIS) melalui nilai pengukuran tahanan isolasi pada masing-masing peralatan utama (MTU). Dari kegiatan tersebut, peneliti akan mengetahui

keadaan peralatan utama Gardu Induk, apakah ada perubahan nilai pengukuran tahanan isolasi setelah dilakukan kegiatan pemeliharaan Gardu Induk.

Data yang didapat dari kegiatan observasi pemeliharaan dan perawatan masing-masing Gardu Induk akan dipilah sehingga mendapatkan data yang relevan agar dapat disajikan berupa grafik dan ditarik kesimpulannya selama proses penelitian.

### **2.1.2. Pemeliharaan dan Perawatan Gardu Induk**

Pemeliharaan adalah suatu rangkaian tindakan atau proses kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan meyakinkan bahwa peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Tujuan pemeliharaan pada peralatan listrik tegangan tinggi adalah untuk menjamin kontinuitas penyaluran tenaga listrik dan menjamin keandalan, antara lain:

- a) Untuk meningkatkan *reliability, availability, efficiency*.
- b) Memperpanjang umur peralatan.
- c) Mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan.
- d) Meningkatkan *safety*.
- e) Mengurangi lama waktu padam akibat gangguan.

Disisi lain, perawatan adalah suatu usaha yang dilakukan secara sengaja dan sistematis terhadap peralatan hingga mencapai hasil/kondisi yang dapat diterima dan diinginkan. Perawatan (*maintenance*) merupakan suatu kegiatan yang diarahkan pada tujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi sehingga dari sistem produksi sehingga dari sistem itu dapat diharapkan menghasilkan output sesuai dengan yang dikehendaki (Vincent Gasper, 1994: 513).

Perawatan juga dapat didefinisikan sebagai suatu aktivitas untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

Menurut Corder (1988), perawatan merupakan suatu kombinasi dari tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau untuk memperbaikinya sampai, suatu kondisi yang bisa diterima. Sedangkan tujuan dilakukan perawatan menurut Corder (1988) antara lain:

1. Memperpanjang kegunaan aset (yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan dan isinya).
2. Menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi atau jasa untuk mendapatkan laba investasi semaksimal mungkin.
3. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
4. Menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.
5. Menekan (memperpendek) periode kerusakan (*break down period*) sampai batas minimum dengan mempertimbangkan aspek ekonomis.
6. Menghindari kerusakan (*break down*) tidak terencana, kerusakan tiba-tiba.

Faktor yang paling dominan dalam pemeliharaan dan perawatan peralatan listrik tegangan tinggi adalah pada sistem isolasi. Atas dasar kemampuan isolasi inilah kemampuan pengoperasian peralatan dapat ditentukan.

Dalam pemeliharaan dan perawatan peralatan listrik yang terdapat di Gardu Induk, kita harus membedakan terlebih dahulu antara pemeriksaan/monitoring (melihat, mencatat, meraba, serta mendengar) dalam keadaan operasi dan memelihara (kalibrasi/pengukuran, koreksi/*resetting*, serta

memperbaiki/membersihkan) dalam keadaan padam. Pemeriksaan dapat dilaksanakan oleh operator atau petugas patrol setiap hari dengan sistem *check list* atau catatan saja. Sedangkan pemeliharaan harus dilaksanakan oleh regu pemeliharaan. Jenis-jenis pemeliharaan adalah sebagai berikut:

- 1) Predictive Maintenance (Conditional Maintenance) adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan cara memprediksi kondisi suatu peralatan listrik, apakah dan kapan kemungkinannya peralatan listrik tersebut menuju kegagalan. Dengan memprediksi kondisi tersebut dapat diketahui gejala kerusakan secara dini. Cara yang biasa dipakai adalah memonitor kondisi secara online baik pada saat peralatan beroperasi atau tidak beroperasi. Untuk ini diperlukan peralatan dan personil khusus untuk analisa. Pemeliharaan ini disebut juga pemeliharaan berdasarkan kondisi (Condition Base Maintenance).
- 2) Preventive Maintenance (Time Base Maintenance) adalah kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan secara tiba-tiba dan untuk mempertahankan unjuk kerja peralatan yang optimum sesuai umur teknisnya. Kegiatan ini dilaksanakan secara berkala dengan berpedoman kepada: Instruksi manual dari pabrik, standar-standar yang ada (IEC, CIGRE, dll) dan pengalaman operasi di lapangan. Pemeliharaan ini disebut juga dengan pemeliharaan berdasarkan waktu (Time Base Maintenance).
- 3) Corrective Maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan berencana pada waktu-waktu tertentu ketika peralatan listrik mengalami kelainan atau unjuk kerja rendah pada saat menjalankan fungsinya dengan



tujuan untuk mengembalikan pada kondisi semula disertai perbaikan dan penyempurnaan instalasi. Pemeliharaan ini disebut juga Curative Maintenance, yang bisa berupa Trouble Shooting atau penggantian part/bagian yang rusak atau kurang berfungsi yang dilaksanakan dengan terencana.

- 4) Breakdown Maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan mendadak yang waktunya tidak tertentu dan sifatnya darurat. Pelaksanaan pemeliharaan peralatan dapat dibagi 2 macam:
  - a. Pemeliharaan yang berupa monitoring dan dilakukan oleh petugas operator atau petugas patroli bagi Gardu Induk yang tidak dijaga (GITO – Gardu Induk Tanpa Operator).
  - b. Pemeliharaan yang berupa pembersihan dan pengukuran yang dilakukan oleh petugas pemeliharaan.

Pada penelitian kali ini dilakukan *Preventive Maintenance*. Kegiatan pemeliharaan dan perawatan peralatan Gardu Induk memegang peranan penting dalam menunjang kualitas dan keandalan penyediaan tenaga listrik kepada konsumen. Pemeliharaan peralatan adalah suatu proses kegiatan yang bertujuan menjaga kondisi peralatan, agar peralatan senantiasa beroperasi sesuai dengan fungsi dan karakteristik desainnya. Prosedur pemeliharaan dalam Gardu Induk meliputi:

- Koordinasi pengaturan operasi dengan rencana pemeliharaan.
- Tata cara kerja pengaman/pelaksanaan pemeliharaan.
- Tata cara manuver peralatan yang akan dipelihara.

Pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan pada penelitian di Gardu Induk Cawang Lama ini merupakan jenis pemeliharaan dan perawatan preventif secara periodik. Pemeliharaan dan perawatan preventif ini sangat penting karena kegunaannya sangat efektif didalam kegunaan peralatan-peralatan utama pada Gardu Induk. Hal-hal yang perlu diperhatikan pada saat bekerja dalam kondisi yang bebas tegangan adalah sebagai berikut:

- Memperhatikan perlengkapan bebas tegangan.
- Tempat kerja telah dinyatakan aman oleh pengawas.
- Perlengkapan yang dikerjakan harus dibumikan.
- Bila ada sirkuit ganda, pekerjaan dilakukan pada salah satu sirkuit, masing-masing kawat harus dibumikan pada kedua ujungnya tempat yang berdekatan dengan yang dikerjakan.
- Harus ada penanggungjawab/pengawas penuh pada sirkuit tersebut.
- Pekerjaan boleh dimulai bila semua persyaratan tersebut telah dipenuhi.

Dari kegiatan pemeliharaan dan perawatan preventif yang dilakukan pada setiap peralatan utama pada Gardu Induk, tahanan isolasi mempunyai peranan penting dalam setiap kegiatan pemeliharaan.

### **2.1.3. Pengertian Pengukuran**

Menurut Umar (1991) pengukuran adalah suatu kegiatan untuk mendapatkan informasi data secara kuantitatif. Hasil dari pengukuran dapat berupa informasi-informasi atau data yang dinyatakan dalam bentuk angka ataupun uraian yang sangat berguna dalam pengambilan keputusan. Pengukuran dapat diartikan dengan

kegiatan untuk mengukur sesuatu. Pada hakekatnya, kegiatan ini adalah membandingkan sesuatu dengan atau sesuatu yang lain (Anas Sudiono, 2001).

Dalam pengukuran listrik terjadi juga perbandingan yang menggunakan alat bantu (alat ukur). Dalam melakukan pengukuran, pertama harus ditentukan cara pengukurannya. Cara dan pelaksanaan pengukuran itu dipilih sedemikian rupa sehingga alat ukur yang ada dapat digunakan dan diperoleh hasil dengan ketelitian yang dikehendaki. Cara pengukuran, orang yang melakukan pengukuran dan alat yang digunakan merupakan tiga unsur penting yang perlu diperhatikan dalam pengukuran. Sehubungan dengan ketiga hal yang penting tersebut sering juga harus diperhatikan kondisi dimana dilakukan pengukuran seperti suhu, kelembaban, medan magnet, dan lain sebagainya.

Hal-hal penting yang diperhatikan pada pengukuran listrik adalah sebagai berikut:

- ✓ Cara pengukuran harus benar.
- ✓ Alat ukur harus dalam keadaan baik.
- ✓ Secara periodic harus dicek.
- ✓ Penyimpanan dan transportasi alat harus diperhatikan.
- ✓ Operator harus teliti.
- ✓ Keadaan dimana dilakukan pengukuran harus diperhatikan
- ✓ Pencatatan hasil pengukuran.

Jadi, dalam pembahasan kali ini adalah pengukuran tahanan isolasi merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menentukan fakta kuantitatif dengan membandingkan sesuatu dengan satuan ukuran standar yang disesuaikan sesuai dengan objek yang akan diukur.

#### 2.1.4. Tahanan Isolasi

Tahanan isolasi merupakan keadaan dimana suatu peralatan memiliki nilai resistansi terhadap tegangan agar tidak terjadi *short circuit* atau kerusakan lainnya (Rusdjaja Tatang, 2014). Tahanan isolasi adalah hambatan yang ada antara dua komponen yang bertegangan atau komponen bertegangan dengan *ground*. Tahanan isolasi merupakan hambatan yang berada pada kondisi antara dua elemen konduktif yang dipisahkan oleh bahan isolasi (IEV, 212-11-07). Tahanan isolasi adalah ukuran kebocoran arus yang melalui isolasi. Tahanan berubah-ubah karena pengaruh temperatur dan lamanya tegangan yang diterapkan pada lilitan tersebut, oleh karena itu faktor-faktor tersebut harus dicatat pada waktu pengukuran.

Tahanan isolasi digunakan untuk mengetahui aman atau tidaknya suatu peralatan untuk diberi tegangan. Pengukuran tahanan isolasi yang dilakukan pada masing-masing peralatan menghubungkan bagian yang diberi tegangan terhadap *body* yang ditanahkan. Akan tetapi, perlu diingat bahwa pengukuran tahanan isolasi dilakukan pada saat peralatan tidak bertegangan (padam) (Purnomoadi Andreas, 23: 2014).

Setiap peralatan listrik, seperti motor, generator, kabel, saklar, transformator, dan lain sebagainya, ditutup dengan beberapa isolasi listrik dengan hati-hati. Peralatan itu sendiri biasanya tembaga atau aluminium, yang dikenal sebagai konduktor arus listrik yang baik yang memberi kekuatan pada peralatan listrik. Isolasi harus berlawanan dengan konduktor, yang seharusnya menahan arus dan menjaga arus di jalurnya di sepanjang konduktor (Anonim, 2006: 3).

Untuk memahami tentang pengukuran tahanan isolasi, perlu mengetahui persamaan sederhana yaitu "Hukum Ohm" dimana:

$$= \times$$

V: Tegangan (Volt)

I: Kuat Arus (Ampere)

R: Tahanan (Ohm)

Semakin besar tegangan (voltase) yang kita miliki, maka semakin besar arus yang ada. Selain itu, semakin rendah resistansi yang ada, maka semakin besar arus yang di dapat dalam tegangan yang sama. Tegangan yang lebih tinggi cenderung menyebabkan arus lebih melebihi isolasi. Jumlah arus kecil yang di dapat pada sebuah isolasi tentu saja tidak akan merusak isolasi yang baik, akan tetapi dapat menjadi masalah jika isolasi memburuk.

Hubungan resistansi (tahanan) dengan arus dan tegangan ditemukan oleh seorang ahli fisika bernama George Simon Ohm. Ohm menemukan bahwa nilai arus dipengaruhi oleh tegangan dan resistansi (hambatan).

Kita telah melihat bahwa pada dasarnya, isolasi yang baik berarti ketahanan yang relatif tinggi terhadap arus. Selain itu, juga berarti kemampuan untuk mempertahankan daya tahan yang tinggi. Kita dapat melakukan pengukuran secara periodik untuk mengetahui tren keadaan isolasi.

Nilai tahanan isolasi sebenarnya bisa lebih tinggi atau lebih rendah tergantung ada faktor suhu dan kelembaban. Penurunan isolasi biasanya turun secara bertahap jika diperiksa berkala, yang dikenal dengan *preventive maintenance*. Pemeriksaan semacam itu memungkinkan rekondisi yang direncanakan sebelum terjadinya kegagalan atau kerusakan. Apabila tidak dilakukan pemeriksaan secara berkala, peralatan listrik dapat berbahaya jika disentuh saat adanya tegangan, karena isolasi itu tersendiri telah menjadi konduktor parsial.

Untuk saat ini, terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan tahanan isolasi menurun atau isolasi yang memburuk, seperti kerusakan mekanis peralatan, suhu yang berlebihan, kotoran, uap korosif, kelembaban, dan lain sebagainya. Faktor-faktor penyebab tadi, dapat dikombinasikan dengan tekanan listrik yang ada yang kita kenal dengan *electrical stresses*. Saat faktor-faktor yang menyebabkan isolasi memburuk muncul, seperti adanya retakan, kelembaban, dan adanya benda asing pada permukaan isolator, dapat menyebabkan tahanan (resistansi) rendah.

Pemeriksaan secara periodik harus dilakukan dengan cara yang sama setiap waktu. Artinya, dengan koneksi uji yang sama, dengan tegangan uji yang sama dan tidak lupa untuk mengetahui suhu dan kelembaban pada saat melakukan pengukuran. Berikut adalah tabel pengamatan umum tentang bagaimana kita bisa menafsirkan nilai tahanan isolasi secara periodik, dan rekomendasi hasil pengukuran.

**Tabel 2.1 Pengamatan Umum Nilai Tahanan Isolasi**

| <b>Kondisi</b>  | <b>Rekomendasi</b>  |
|---|---|
| ➤ Nilai tahanan isolasi yang tinggi dan terpelihara dengan baik   | Tidak ada kekhawatiran  |
| ➤ Nilai tahanan isolasi tinggi, namun menunjukkan kecenderungan konstan terhadap nilai yang lebih rendah      | Cari dan perbaiki penyebabnya dan memeriksa tren penurunan  |
| ➤ Nilai tahanan isolasi rendah, namun terpelihara dengan baik   | Bersihkan, keringkan, dan naikkan nilai tahanan sebelum peralatan digunakan kembali   |
| ➤ Nilai tahanan isolasi tinggi, sebelumnya terpelihara dengan baik namun mengalami penurunan secara tiba-tiba | Mengukur dengan frekuensi yang lebih banyak (sering) sampai penyebab penurunan nilai ditemukan dan diperbaiki; atau sampai nilai menjadi tetap tetapi masih di atas batas minimum; atau sampai nilai menjadi rendah dan tidak aman untuk peralatan beroperasi |

Pengukuran tahanan isolasi dilakukan untuk mendeteksi adanya kelemahan isolasi tahanan. Pengukuran isolasi secara rutin dapat dilakukan dengan menggunakan Megohmmeter, atau Megger yang pembacaannya langsung dalam  $M\Omega$  dan  $G\Omega$ . Nilai tahanan isolasi yang rendah dapat menunjukkan lilitan dalam keadaan kotor atau basah. *Moisture* atau kelembapan dapat juga terdapat pada permukaan isolasi, atau pada lilitan atau pada keduanya.

Pengukuran tahanan isolasi memiliki standar universal IEEE 43-2000 dan VDE Catalogue 228/4 yaitu,  $>1 M\Omega/1 kV$  yang dipakai oleh PLN. Sedangkan pada trafo dikenal dengan istilah Index Polarisasi (IP), dimana pengukuran IP ini untuk memastikan peralatan layak dioperasikan. Indeks yang biasa digunakan dalam menunjukkan pembacaan tahanan isolasi trafo dikenal sebagai *dielectric absorption*, yang diperoleh dari pembacaan berkelanjutan untuk periode waktu yang lebih lama dengan sumber tegangan yang konstan. Pengukuran berkelanjutan dilakukan selama 10 menit, tahanan isolasi akan mempunyai kemampuan untuk mengisi kapasitansi tinggi ke dalam isolasi trafo dan pembacaan resistansi akan meningkat lebih cepat jika isolasi bersih dan kering. Rasio pembacaan 10 menit dibandingkan pembacaan 1 menit dikenal sebagai Indeks Polarisasi (IP) atau *Polarization Index* (PI). Jika nilai IP terlalu rendah, berarti isolasi telah terkontaminasi. Berikut ini adalah pengukuran tahanan isolasi pada masing-masing peralatan utama Gardu Induk.

#### **A. Pengukuran Tahanan Isolasi Transformator Tenaga**

Berdasarkan buku pedoman Operasi dan Pemeliharaan Gardu Induk PT. PLN Pusdiklat (PDM/PGI/01: 2014) pengukuran/pengukuran tahanan isolasi trafo adalah suatu proses pengukuran dengan alat ukur *insulation tester* (Megger) untuk

memperoleh hasil atau besaran atau nilai tahanan isolasi belitan yang bertegangan dengan *body*, maupun anantara belitan primer dengan sekunder dan tertier (dapat dilihat pada lampiran 2). Pengukuran tahanan isoalsi digunakan untuk mengetahui aman atau tidaknya suatu trafo untuk diberi tegangan.

Dalam pengukuran tahanan isolasi pada trafo, dikenal Index Polarisasi (IP) dimana pengukuran ini dilakukan untuk memastikan peralatan tersebut layak dioperasikan atau bahkan untuk dilakukan *over voltage test*. Besarnya IP dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1}$$

Dimana:

IP : Indeks Polarisasi

$R_{10}$  10 menit : nilai tahanan isolasi pada 10 menit

$R_1$  1 menit : nilai tahanan isolasi pada 1 menit

Berikut pada tabel 2.2 adalah standar pengukuran tahanan isolasi transformator dengan Index Polarisasi:

**Tabel 2.2 Rekomendasi Metoda Index Polarisasi pada Pengukuran Tahanan Isolasi Trafo Tenaga**

| Hasil Uji  | Keterangan    |
|------------|---------------|
| <1,0       | Berbahaya     |
| 1,0 – 1,1  | Jelek         |
| 1,1 – 1,25 | Dipertanyakan |
| 1,25 – 2,0 | Baik          |
| >2,0       | Sangat Baik   |

## B. Pengukuran Tahanan Isolasi Trafo Arus (CT)

Pengukuran tahanan isolasi pada tarfo arus sama halnya dengan pengukuran tahanan isolasi pada peralatan lainnya. Hanya saja, pengukuran ini dilakukan



dengan memberikan tegangan uji DC kepada media isolasi yang akan diukur tahanannya, yaitu sebesar 5 kV untuk sisi primer dan 500 V untuk sisi sekunder. Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat, pencatatan hasil pengukuran dilakukan setelah 60 detik dan tidak perlu dilakukan perhitungan IP (dapat dilihat pada lampiran 2). Berikut pada tabel 2.3 standar VDE (catalogue 228/4) minimum besarnya tahanan isolasi ( $1 \text{ kV} = 1 \text{ M}\Omega$  atau  $1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ).

**Tabel 2.3 Rekomendasi Nilai Tahanan Isolasi Pada Trafo Arus**

| Hasil Uji                            | Keterangan |
|--------------------------------------|------------|
| $> 1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ | Good       |
| $< 1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ | Poor       |

### C. Pengukuran Tahanan Isolasi Trafo Tegangan (VT)

Pengukuran tahanan isolasi pada trafo tegangan sama halnya dengan pengukuran tahanan isolasi pada peralatan lainnya. Hanya saja, pengukuran ini dilakukan dengan memberikan tegangan uji DC kepada media isolasi yang akan diukur tahanannya, yaitu sebesar 5 kV untuk sisi primer dan 500 V untuk sisi sekunder. Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat, pencatatan hasil pengukuran dilakukan setelah 60 detik dan tidak perlu dilakukan perhitungan IP (dapat dilihat pada lampiran 2). Berikut pada tabel 2.4 standar VDE (catalogue 228/4) minimum besarnya tahanan isolasi ( $1 \text{ kV} = 1 \text{ M}\Omega$  atau  $1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ).

**Tabel 2.4 Rekomendasi Nilai Tahanan Isolasi Pada Trafo Tegangan**

| Hasil Uji                            | Keterangan |
|--------------------------------------|------------|
| $> 1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ | Good       |
| $< 1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ | Poor       |

#### D. Pengukuran Tahanan Isolasi PMT

Pengukuran tahanan isoalsi pemutus tenaga (PMT) ialah proses pengukuran/pengukuran dengan suatu alat ukur *insulation tester* (Megger) untuk memperoleh hasil atau besaran atau nilai tahanan isolasi pemutus tenaga antara bagian yang diberi tegangan (fasa) terhadap badan (*case*) yang ditanahkan maupun antara terminal masukan dengan terminal keluaran pada fasa yang sama (dapat dilihat pada lampiran 2).

Pada dasarnya pengukuran tahanan isolasi PMT adalah untuk mengetahui nilai kebocoran arus yang terjadi antara bagian yang bertegangan terminal atas dan terminal bawah terhadap tanah. Batasan tahanan isolasi PMT sesuai Buku Pemeliharaan Peralatan SE.032/PST/1984 dan menurut standard VDE (catalogue 228/4) minimum besarnya tahanan isolaasi adalah  $1 \text{ kV} = 1 \text{ M}\Omega$  atau  $1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ . Berikut pada tabel 2.5 adalah standar pengukuran tahanan isolasi pada PMT.

**Tabel 2.5 Rekomendasi Pengukuran Tahanan Isolasi pada PMT**

| Pengukuran      | Hasil Ukur  |
|-----------------|---|
| Tahanan Isolasi | $\leq 1 \text{ kV} = 1 \text{ M}\Omega$<br>Dengan catatan: 1kV = besarnya tegangan fasa terhadap tanah, kebocoran arus yang diijinkan setiap kV = 1 mA. |

#### E. Pengukuran Tahanan Isolasi *Lightning Arrester* (LA)

Isolasi pada *Lightning Arrester* (LA) berguna untuk mengisolasi bagian bertegangan LA terhadap titik *ground*, saat tegangan operasi normal ataupun saat terjadi surja petir (PDM/PGI/12: 2004, halaman 23). Isolasi pada LA juga

memberikan isolasi elektrik saat terjadi surja, sehingga seluruh arus surja dilewatkan melalui alat pemantau. Pengukuran nilai tahanan isoalsi pada LA bertujuan untuk mengetahui kemampuan insulasi LA pada tegangan operasional. Pengukuran dilaksanakan dalam kondisi tidak bertegangan (padam) (dapat dilihat pada lampiran 2). Berikut pada tabel 2.6 adalah standar pengukuran tahanan isolasi pada LA.

**Tabel 2.6 Rekomendasi Pengukuran Tahanan Isolasi pada LA**

| Pengukuran      | Hasil Ukur  |
|-----------------|---|
| Tahanan Isolasi | $\leq 1 \text{ kV} = 1 \text{ M}\Omega$<br>Dengan catatan: 1kV = besarnya tegangan fasa terhadap tanah, kebocoran arus yang diijinkan setiap kV = 1 mA. |

Hal-hal penting yang perlu diperhatikan selama proses pengukuran tahanan isolasi adalah sebagai berikut:

- 1) Pastikan LA dalam kondisi bersih.
- 2) Lepaskan koneksi kawat konduktor dan kawat grounding LA.
- 3) Pastikan alat uji memiliki supply catu daya yang baik.
- 4) Gunakan alat uji dengan kemampuan ukur  $>1 \text{ G}\Omega$
- 5) Pasca pengukuran, pastikan koneksi kawat konduktor dan kawat grounding LA terpasang kembali dengan benar.

### 2.1.5. Pengertian Keadaan, Keamanan, dan Keselamatan Kerja

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), keadaan adalah sifat atau perihal suatu benda. Keadaan juga dapat diartikan sebagai suasana dan situasi yang berlaku. Hal tersebut berarti keadaan peralatan utama Gardu Induk mengacu pada

sifat, suasana, dan situasi peralatan itu tersendiri. Keadaan peralatan utama Gardu Induk dapat ditinjau dari segi keamanan, untuk terciptanya Keselamatan Kesehatan Kerja.

Keamanan adalah keadaan aman dan tentram (Tartowo dan Wartonah, 2010). Keamanan tidak hanya mencegah rasa sakit atau cedera tapi keamanan juga dapat membuat individu aman dalam aktifitasnya, mengurangi stress dan meningkatkan kesehatan umum. Kebutuhan akan keamanan adalah kebutuhan untuk melindungi diri dari bahaya fisik. Ancaman terhadap keselamatan seseorang dapat dikategorikan sebagai ancaman mekanis, kimiawi, termal, dan bakteriologis. Pada pembahasan kali ini, keamanan peralatan utama Gardu Induk mengacu untuk mencegah terjadinya kerugian dan kerusakan. Selain itu, faktor-faktor yang dapat mempengaruhi keamanan peralatan utama Gardu Induk diantaranya adalah usia dan adanya gangguan.

Pengukuran nilai tahanan isolasi pada peralatan utama Gardu Induk di Cawang dapat menunjukkan keadaan peralatan yang dilihat dari segi keamanan peralatan itu tersendiri. Nilai tahanan isolasi yang baik menunjukkan bahwa isolasi pada peralatan utama masih bagus dan peralatan aman untuk dioperasikan.

Berdasarkan Hukum Ohm, jumlah arus yang mengalir tubuh sama dengan jumlah tegangan yang dipasangkan di antara dua titik pada tubuh, dibagi dengan resistansi elektrik yang dihasilkan tubuh di antara kedua titik itu. Berarti, semakin besar nilai tegangan yang dipakaikan semakin mudah bagi elektron untuk mengalir melewati suatu nilai resistansi. Jadi, bahaya tegangan tinggi berarti potensi bagi arus yang besar untuk melewati tubuh. Kebalikannya, semakin besar nilai

resistansi, maka semakin lambat bagi elektron untuk mengalir pada nilai tegangan tertentu.

Listrik juga mengandung potensi bahaya yang dapat mengancam keselamatan tenaga kerja dan orang lain yang berada di dalam lingkungan tempat kerja dan mengancam keamanan bangunan beserta isinya. Untuk menjamin keamanan dan keselamatan maka sistem kelistrikan harus direncanakan, dipasang, diperiksa dan diuji oleh orang yang berkompeten dan memiliki izin kerja. Keselamatan dan Kesehatan Kerja menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja RI No.Kep.463/MEN/1993 adalah upaya perlindungan yang ditujukan agar tenaga kerja dan orang lainnya ditempat kerja/perusahaan selalu dalam keadaan selamat dan sehat, serta agar setiap sumber produksi dapat digunakan secara aman dan efisien.

Setiap teknisi listrik yang diserah tugas dan tanggung jawab dalam pekerjaan pemasangan, pengoperasian, pemeliharaan, pemeriksaan, pengukuran, dan perbaikan instalasi listrik harus memenuhi syarat komponen keselamatan dan kesehatan kerja listrik yang dibuktikan dengan sertifikat dan lisensi keselamatan dan kesehatan kerja listrik sesuai dengan Kep Dirjen Pembinaan Hubungan Industrial dan Pengawasan Ketenagakerjaan (PHIPK) No. Kep 331/BW/2002 tentang Sertifikat Kompetensi Keselamatan dan Kesehatan Kerja Teknik Listrik. Dasar hukum mengenai persyaratan keselamatan listrik tertuang pada Permen Tenaga Kerja No.Per.04/MEN/1988. Prinsip-prinsip keselamatan pemasangan listrik antara lain:

- a) Harus sesuai dengan gambar rencana yang telah disyahkan.
- b) Mengindahkan syarat-syarat yang telah ditetapkan (PUIL).

- c) Harus menggunakan tenaga terlatih.
- d) Bertanggung jawab dan menjaga keselamatan dan kesehatan tenaga kerjanya.
- e) Orang yang disertai tanggung jawab atas pelaksanaan pekerjaan pemasangan instalasi listrik harus ahli di bidang listrik, memahami peraturan listrik dan memiliki sertifikat dari instansi yang berwenang.

Ketentuan lain mengenai persyaratan keselamatan kerja bidang tenaga listrik adalah sebagai berikut:

- a) Instalasi listrik yang telah selesai dipasang harus diperiksa dan diuji sebelum dialiri listrik oleh pegawai pengawas spesialis listrik.
- b) Instalasi listrik yang telah dialiri listrik, instalatir masih terikat tanggung jawab satu tahun atas kecelakaan termasuk kebakaran akibat kesalahan pemasangan instalasi.
- c) Harus ada pemeriksaan yang rutin terhadap isolator. Isolator yang retak, terutama untuk tegangan menengah dan tinggi, yang dapat mengakibatkan gangguan pada perusahaan atau dapat menimbulkan kecelakaan.
- d) Seluruh instalasi listrik tidak hanya bagian yang mudah terkena gangguan saja, tetapi juga pengaman, pelindung dan perlengkapannya harus terpelihara dengan baik.
- e) Jangan membiarkan instalasi yang aus, penuaan atau mengalami kerusakan. Segera dilakukan penggantian.
- f) Isolator saklar minyak, transformator dan sebagainya pada waktu yang harus dibebaskan dari ari, debu, arang, dan zat asam, antara lain dengan cara penyaringan.

- g) Perlengkapan seperti relai lebih cepat mengalami kerusakan. Oleh sebab itu harus sering dilakukan pengukuran terhadapnya.
- h) Dalam melakukan pemeliharaan, dilarang menggunakan perkakas kerja dan bahan magnetik dekat dengan medan magnet perlengkapan listrik.
- i) Pelindung dan pengaman, yang selama pemeliharaan dibuka/dilepas, harus dipasang kembali pada tempatnya.
- j) Dilarang menyimpan bahan yang mudah terbakar di daerah yang dapat membahayakan instalasi listrik.
- k) Diruang dengan bahaya ledakan tidak diizinkan mengadakan perbaikan dan perluasan instalasi pada keadaan bertegangan; dan dalam keadaan aman, perlengkapan listrik harus terpelihara dengan baik.
- l) Pada Gardu Induk, pekerja pemeliharaan diawasi oleh 3 pengawas yaitu, pengawas manuver, pengawas pekerjaan, pengawas K3.

#### **2.1.6. Gardu Induk**

Gardu Induk adalah suatu instalasi listrik yang terdiri atas bangunan, gedung, dan peralatan listrik. Berdasarkan buku pedoman Operasi dan Pemeliharaan Gardu Induk PT. PLN Pusdiklat (2009) Gardu Induk merupakan simpul didalam sistem tenaga listrik yang terdiri dari susunan rangkaian sejumlah perlengkapan yang dipasang menempati suatu lokasi tertentu untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik, menaikkan dan menurunkan tegangan sesuai dengan tingkat tegangan kerjanya, tempat melakukan kerja *switching* rangkaian suatu sistem tenaga listrik dan untuk menunjang keandalan sistem tenaga listrik terkait.

Gardu Induk (biasanya disingkat GI) merupakan sistem peralatan listrik tegangan tinggi yang berfungsi untuk menyalurkan dan mengendalikan daya listrik dengan menggunakan peralatan material utama (MTU) antara lain transformator tenaga, transformator arus (CT), transformator tegangan (PT), pemutus tenaga (PMT), pemisah (PMS), dan *arrester* (LA) (SPLN T5.005, 2014: 2). Fungsi utama dari gardu induk adalah:

- Untuk mengatur aliran daya listrik dari saluran transmisi ke saluran transmisi lainnya yang kemudian didistribusikan ke konsumen.
- Sebagai tempat kontrol.
- Sebagai pengaman operasi sistem.
- Sebagai tempat untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi.

Oleh karena itu, jika dilihat dari segi manfaat dan kegunaan dari gardu induk itu sendiri, maka peralatan dan komponen dari gardu induk harus memiliki keandalan yang tinggi serta kualitas yang tidak diragukan lagi, atau dapat dikatakan harus optimal dalam kinerjanya sehingga masyarakat sebagai konsumen tidak merasa dirugikan oleh kinerjanya.

Menurut isolasi yang digunakan, Gardu Induk yang diteliti adalah jenis Gardu Induk sebagai berikut:

- Gardu Induk Isolasi Udara (Konvensional)

Merupakan Gardu Induk yang menggunakan isolasi udara antara bagian yang bertegangan yang satu dengan bagian bertegangan yang lainnya. Gardu Induk ini sebagian besar peralatannya terpasang di luar gedung (*Switch Yard*) dan memerlukan areal tanah yang lebih luas.



Udara merupakan bahan isolasi yang mudah didapatkan. Apabila dua buah elektroda yang dipisahkan dengan udara mempunyai beda potensial yang tinggi, yaitu tegangan yang melebihi tegangan tembus, maka akan timbul loncatan bunga api. Contoh yang mudah dijumpai antara lain pada: Jaringan Tegangan Rendah (JTR), Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Tinggi (JTT) antara hantaran yang satu dengan yang lain dipisahkan oleh udara.

#### **2.1.6.1. Peralatan Utama Gardu Induk**

Pada Gardu Induk terdapat beberapa peralatan utama yang menjadi komponen penting dalam setiap kegiatan penyaluran listrik, diantaranya adalah sebagai berikut.

##### **A. Transformator Tenaga**

Trafo tenaga merupakan peralatan statis dimana rangkaian magnetik dan belitan yang terdiri dari 2 atau lebih belitan, secara induksi elektromagnetik, mentransformasikan daya (arus dan tegangan) sistem AC ke sistem arus dan tegangan lain pada frekuensi yang sama (IEC 60076-1 : 2011). Berikut pada gambar 2.1 adalah gambar transformator tenaga pada umumnya.



**Gambar 2.1 Transformator Tenaga**  
(Sumber: Dokumen Pribadi)

## B. Transformator Arus (CT)

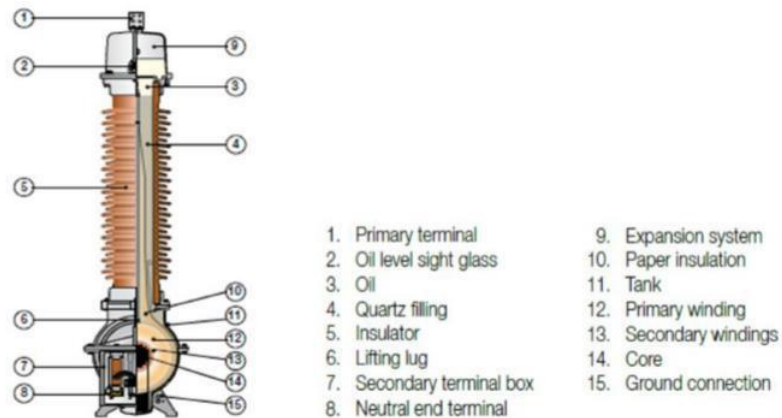
Transformator arus atau *Current Transformer* (CT) yaitu peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran besaran arus pada instalasi tenaga listrik disisi primer yang berskala besar dengan melakukan transformasi dari besaran arus yang besar menjadi besaran arus yang kecil secara akurat dan teliti untuk keperluan pengukuran dan proteksi. (Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Arus: 2010). Berikut pada gambar 2.2 adalah gambar transformator arus.



**Gambar 2.2 Transformator Arus**  
(Sumber: PDM/PGI/02:2014)

## C. Transformator Tegangan (VT)

Trafo tegangan adalah peralatan yang mentransformasi tegangan sistem yang lebih tinggi ke suatu tegangan sistem yang lebih rendah untuk kebutuhan peralatan indikator, alat ukur/meter, dan relai (Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tegangan: 2010). Berikut pada gambar 2.2 adalah gambar transformator tegangan.



**Gambar 2.3 Transformator Tegangan**

(Sumber: PDM/PGI/03:2014)

#### **D. Pemutus Tenaga (PMT)**

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 dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode tertentu) dan memutus arus beban dalam kondisi abnormal/gangguan seperti kondisi hubung singkat (*Short Circuit*).

Sedangkan definisi PMT berdasarkan *IEEE C37.100:1992 (Standard Definitions for Power Switchgear)* adalah merupakan peralatan saklar/switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal sesuai dengan ratingnya serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal/gangguan sesuai dengan ratingnya. Berikut pada gambar 2.4 adalah gambar pemutus tenaga (PMT) pada umumnya:



**Gambar 2.4 Pemutus Tenaga (PMT)**  
(Sumber: Dokumen Pribadi)

### **E. *Lightning Arrester (LA)***

*Lightning Arrester (LA)* merupakan peralatan yang berfungsi untuk melindungi peralatan listrik lain dari tegangan surja (baik surja hubung maupun surja petir) (Buku Pedoman Pemeliharaan Lightning Arrester: 2010). Berikut pada gambar 2.5 adalah gambar LA pada umumnya.



**Gambar 2.5 *Lightning Arrester (LA)***  
(Sumber: Dokumen Pribadi)

### **2.1.7. Gangguan Pada Gardu Induk**

Pemeliharaan dan perawatan Gardu Induk erat sekali hubungannya dengan gangguan pada Gardu Induk. Oleh karena itu, kebijakan pemeliharaan guna menjamin operasi yang stabil harus dijabarkan dari analisa gangguan. Untuk dapat

mengambil kesimpulan yang yang lebih tepat jumlah peralatan yang terganggu, lamanya peralatan itu bertugas, kondisinya waktu terjadi gangguan, dan sebagainya, perlu dipeajari lebih mendalam.

Banyak hal yang perlu diperhatikan dalam pemeliharaan guna mencegah terjadinya gangguan. Pemeliharaan bertujuan meningkatkan hasil kerja peralatan, deteksi kerusakan secepat mungkin, dan mencegah gangguan sebanyak dan seluas mungkin. Langkah-langkah pemeliharaan yang harus dilakukan pada Gardu Induk diantaranya adalah sebagai berikut (Arismunandar, 2004: 93):

- Pekerjaan pada saluran atau rangkaian *by-pass* (melepas dan menyambungunya).
- Melepas dan menyambung peralatan pada rangkaian yang bertegangan.
- Memebersihkan saluran bertegangan dengan udara, misalnya membersihkan isolator dengan pembersih.
- Memberi pelumas pada bagian peralatan yang bertegangan.
- Mencuci isolator, *bushing*, dan lain-lain dengan menyemprotkan dengan air.
- Mengukur suhu saluran yang bertegangan.
- Mengecat bagian peralatan yang bertegangan.
- Mencari isolator saluran bertegangan yang rusak.

Biasanya gangguan dalam Gardu Induk bisa terjadi pada saluran transmisi maupun pada jaringan tegangan menengah distribusi, dengan trip nya PMT atau beberpa penyulang (*feeder*) distribusi yang terdapat di dalam Gardu Induk. Gangguan tersebut diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Gangguan diluar GI seperti di SUTT atau di jaringan distribusi yang ikut trip PMT Transformator sebagai akibat kurang selektifnya kerja *relay* atau karena ada kegagalan ada sistem pengaman dari SUTT atau dari jaringan distribusi yang terganggu.
- b. Gangguan pada Rel Tegangan Tinggi maupun Rel Tegangan Menengah yang umumnya disebabkan karena adanya binatang yang menimbulkan hubung singkat di Rel. Gangguan pada Rel terutama pada Rel Tegangan Tinggi akan menyebabkan jatuhnya semua Saluran Transmisi yang mengirim daya Rel yang terganggu sehingga akibat gangguan tersebut akan terasa luas.
- c. Gangguan pada Transformator dalam GI, hal ini biasanya disebabkan karena ada kerusakan pada Transformator, seperti kerusakan bushing, kerusakan kontak- kontak *tap changer* atau kumparam yang terbakar. Juga bisa disebabkan karena radiator minyak dari Tranformator telah kotor sehingga pendinginannya kurang sempurna dan menyebabkan *Relay* Suhu bekerja menjatuhkan PMT. Transformator dalam keadaan beban yang jenuh. Ada kalanya gangguan semacam ini disebabkan karena motor kipas pending Transformator mengalami kerusakan.
- d. Gangguan yang disebabkan karena salah melakukan *manuver* dalam operasi seperti membuka PMS sebelum membuka PMT terlebih dahulu. Juga bisa disebabkan karena lupa mengelurakna PMS Tanah selesai melakukan pekerjaan yang memerlukan pentanahan kemudian langsung memeberikan tegangan kedalam bagian instalasi yang masih ditanahkan. Gangguan semacam ini telah banyak berkurang dengan digunakannya

sistem *interlock*. Namun, belum semua GI memakai sistem tersebut secara sempurna sehingga gangguan semacam ini masih juga terjadi.

## 2.2. Penelitian yang Relevan

- 1) Penelitian yang relevan sebelumnya adalah hasil penelitian yang dilakukan oleh Gunara Fery Fahnani mahasiswa jurusan Teknik Elektri Universitas Diponegoro dengan judul “*Analisis Pengukuran dan Pemeliharaan Transformator Daya Pada Gardu Induk 150 kV Sronol.*” Pada hasil penelitian dapat disimpulkan pengukuran dan pemeliharaan transformator yang baik sangat berpengaruh terhadap *output* yang dihasilkan oleh transformator itu sendiri, baik dari segi umur dan pengoperasiannya.
- 2) Penelitian yang relevan sebelumnya adalah hasil penelitian yang dilakukan oleh Bachtiar mahasiswa Institut Teknologi Padang dengan judul “*Evaluasi Keandalan Peralatan GIS Simpang Haru Padang.*” Pada hasil penelitian dapat disimpulkan usia peralatan dan banyaknya gangguan yang telah terjadi berpengaruh pada kondisi GIS Simpang Haru.
- 3) Penelitian yang relevan sebelumnya adalah hasil penelitian yang dilakukan oleh Oktavian mahasiswa teknik elektro Universitas Diponegoro dengan judul “*Pemeliharaan Pemutus Tenaga (PMT) Menggunakan Media Pemadam Gas SF<sub>6</sub> Di Gardu Induk Ungaran 150 kV APP Semarang Base Camp Semarang.*” Pada hasil penelitian dapat disimpulkan sebelum melakukan pengukuran tahanan isolasi perlu dilakukan pembersihan untuk menghilangkan debu yang menempel pada isolator, karena debu dapat bersifat sebagai konduktor.

### 2.3. Kerangka Berpikir

Gardu Induk merupakan suatu sistem rangkaian listrik yang berguna untuk menyalurkan dan menerima energi listrik. Dalam pengoperasiannya, Gardu Induk tidak dapat dipisahkan dari sistem penyaluran transmisi secara keseluruhan. Gardu Induk dapat mentransformasikan daya listrik mulai dari tegangan rendah ke tegangan ekstra tinggi dengan menyalurkannya pada tegangan tertentu sesuai kebutuhan.

Gardu Induk yang banyak digunakan di Indonesia adalah Gardu Induk dengan isolasi udara (Konvensional). Pada Gardu Induk dikenal dengan beberapa peralatan atau material utama (MTU) yang terdiri dari transformator tenaga, transformator arus, transformator tegangan, pemutus tenaga (PMT), dan *Lightning Arrester* (LA).

Peralatan utama pada Gardu Induk sangat erat hubungannya dengan kegiatan pemeliharaan dan perawatan. Dalam kegiatan pemeliharaan di Gardu Induk dikenal istilah pengukuran tahanan isolasi. Tahanan isolasi adalah hambatan yang ada antara dua komponen yang bertegangan atau komponen bertegangan dengan *ground* (PDM/PGI/01: 2014, halaman 38). Selain itu, tahanan isolasi merupakan hambatan yang berada pada kondisi antara dua elemen konduktif yang dipisahkan oleh bahan isolasi (IEV, 212-11-07). Pengukuran tahanan isolasi pada peralatan-peralatan Gardu Induk mempunyai peranan penting guna mengetahui status isolasi peralatan dan keamanan pada setiap peralatan.

Pengukuran tahanan isolasi yang dilakukan pada setiap peralatan utama Gardu Induk dapat memberikan gambaran sejauh mana Gardu Induk Cawang Lama dapat mempertahankan eksistensi baiknya. Berdasarkan dari hasil kegiatan pemeliharaan rutin setiap tahunnya kita dapat mengetahui perkembangan peralatan utama dilihat



dari nilai tahanan isolasi nya. Selain itu kita juga dapat mengetahui keamanan peralatan tersebut untuk dilakukan pengoperasian berikutnya.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Tujuan, Tempat, dan Waktu Penelitian**

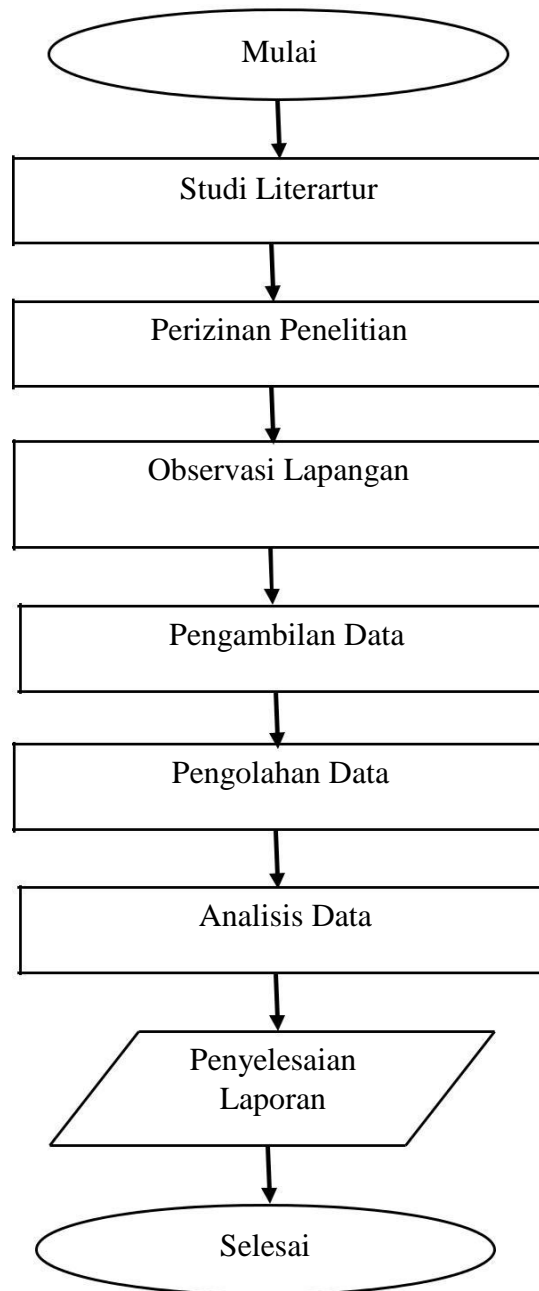
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai tahanan isolasi pada peralatan utama di Gardu Induk Cawang. Penelitian tersebut dilakukan di PT PLN (Persero) APP Cawang Jl. Raya Cililitan Besar No.1, Cawang Cililitan, Jakarta Timur. Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan Agustus 2017 sampai dengan bulan Oktober 2017.

#### **3.2. Metode Penelitian**

Metode penelitian tentang tahanan isolasi peralatan utama Gardu Induk di Cawang ini menggunakan metode deskriptif untuk mengetahui kesesuaian nilai tahanan isolasi peralatan utama GI dengan standar yang telah ditetapkan, setelah diberi perawatan.

Penelitian dilakukan dengan mengobservasi kegiatan lapangan pada pengukuran tahanan isolasi pada setiap peralatan. Selanjutnya, pengambilan data setiap pengukuran tahanan isolasi dilakukan per-fasa dalam satu *bay*, dimana dalam setiap *bay* terdapat peralatan-peralatan utama Gardu Induk seperti Trafo, Pemutus Tenaga, dan *Lightning Arrester* (LA). Pengukuran tahanan isolasi ini membandingkan kondisi sebelumnya dan kondisi akhir. Kondisi awal dimaksudkan dengan kondisi pada saat sebelum dilakukan pengukuran dan sebelum diberi perawatan. Sedangkan kondisi akhir dimaksudkan dengan kondisi pengukuran pada saat penelitian dan setelah diberi perawatan.

### 3.3. Diagram Penelitian



**Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian**

### 3.4. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat atau fasilitas yang digunakan oleh peneliti dalam mengumpulkan data agar pekerjaannya lebih mudah dan hasilnya lebih baik, dalam arti cermat, lengkap, dan sistematis sehingga lebih mudah diolah (Arikunto, 2010: 203). Instrumen pada penelitian ini sebagai berikut:

#### 3.4.1. Alat dan Bahan

- 1) Megger tipe Kyoritsu 3125.



- 2) WD 40



## 3) Kain majun



## 4) Saekaphen



## 5) Perlengkapan K3 (alat pelindung diri)

**3.4.2. Prosedur Pengukuran**

- 1) Mengikuti kegiatan pengukuran tahanan isolasi pada peralatan Gardu Induk.
- 2) Meyiapkan alat ukur. Alat ukur yang digunakan adalah Megger tipe Kyoritsu 3125.
- 3) Pengambilan data tahanan isolasi pada setiap peralatan utama Gardu Induk. Masing-masing peralatan diberikan tegangan uji sebesar 5 kV.
- 4) Pengambilan data dengan membaca alat uji selama 10 detik. Kecuali pada trafo, pembacaan alat uji dilakukan selama 1 menit dan 10 menit untuk mendapatkan nilai indeks polaritas.

- 5) Interpretasi data, memperoleh hasil data dari kegiatan pemeliharaan dalam pengukuran tahanan isolasi.
- 6) Pengambilan kesimpulan, setelah mendapatkan hasil data maka dapat diambil kesimpulan mengenai status tahanan isolasi pada peralatan utama Gardu Induk 150 kV di GI Cawang.

### **3.4.3. Tabel Data Pengukuran**

Setelah dilakukan pengumpulan data berdasarkan hasil observasi dari kegiatan pemeliharaan dalam pengukuran tahanan isolasi di Gardu Induk Cawang, maka didapatkan data sebagai berikut:

### **3.5. Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan observasi partisipatif aktif. Menurut Sugiyono (2016:204) dalam observasi ini, peneliti terlibat dengan kegiatan sehari-hari orang yang sedang diamati atau yang digunakan sebagai sumber data, dan ikut merasakan suka dukanya. Peneliti mengamati apa yang dikerjakan oleh pembimbing lapangan, mendengarkan apa yang diucapkan, mencatat hasil observasi, dan kemudian berpartisipasi dalam aktivitas yang diteliti. Tujuannya adalah agar peneliti mengetahui objek-objek yang akan diteliti.

### **3.6. Teknik Analisis Data**

Teknik analisis yang digunakan yaitu statistik deskriptif dengan menganalisis data dengan cara mendeskripsikan data yang sudah terkumpul, sebagaimana adanya. Setelah semua data diperoleh dari hasil pengukuran dan perhitungan, maka langkah berikutnya mengolah dan menganalisis data tersebut. Setelah semua data dasar dapat disimpulkan, tahap selanjutnya adalah:

- Membuat tabulasi data menurut pengukuran tahanan isolasi sebelum dan sesudah diberikan perawatan berdasarkan tabel pengujian 3.1 untuk memudahkan peneliti menganalisis data yang ada.
- Kemudian, data akan diolah dengan cara menganalisis menggunakan interpretasi data berdasarkan tabel pengujian 3.1.
- Selanjutnya, peneliti akan melakukan penarikan kesimpulan secara deskriptif mengenai nilai tahanan isolasi yang diukur pada saat sebelum dan sesudah dilakukan perawatan.

## BAB IV

### HASII PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Penelitian

##### 4.1.1. Data Hasil Pengukuran tahanan isolasi

Pengukuran tahanan isolasi dilakukan untuk mengetahui nilai hambatan antara dua komponen yang bertegangan atau komponen bertegangan dengan *ground*. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui keadaan peralatan-peralatan utama pada Gardu Induk agar tidak terjadi kerusakan atau hal-hal lainnya.

Tahanan isolasi adalah hambatan yang ada antara dua komponen yang bertegangan atau komponen bertegangan dengan *ground* (PDM/PGI/01: 2014, halaman 38). Selain itu, tahanan isolasi merupakan hambatan yang berada pada kondisi antara dua elemen konduktif yang dipisahkan oleh bahan isolasi (IEV, 212-11-07). Pengukuran tahanan isolasi pada peralatan-peralatan Gardu Induk mempunyai peranan penting guna mengetahui status isolasi peralatan dan keamanan pada setiap perlatan. Pengukuran tahanan isolasi yang dilakukan pada masing-masing peralatan menghubungkan bagian yang diberi tegangan terhadap *body* yang ditanahkan. Akan tetapi, perlu diingat bahwa pengukuran tahanan isolasi dilakukan pada saat peralatan tidak bertegangan (padam).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan guna mengetahui keamanan peralatan utama (MTU) pada Gardu Induk Cawang berdasarkan nilai tahanan isolasi nya, maka akan didapatkan data berupa nilai tahanan isolasi pada tiap-tiap peralatan utama di Gardu Induk Cawang. Data yang diperoleh berupa data sebelum dan sesudah peralatan utama diberi perawatan dengan *cleaning*. Selanjutnya data ini akan diolah menggunakan Microsoft Excel untuk mendapatkan grafik



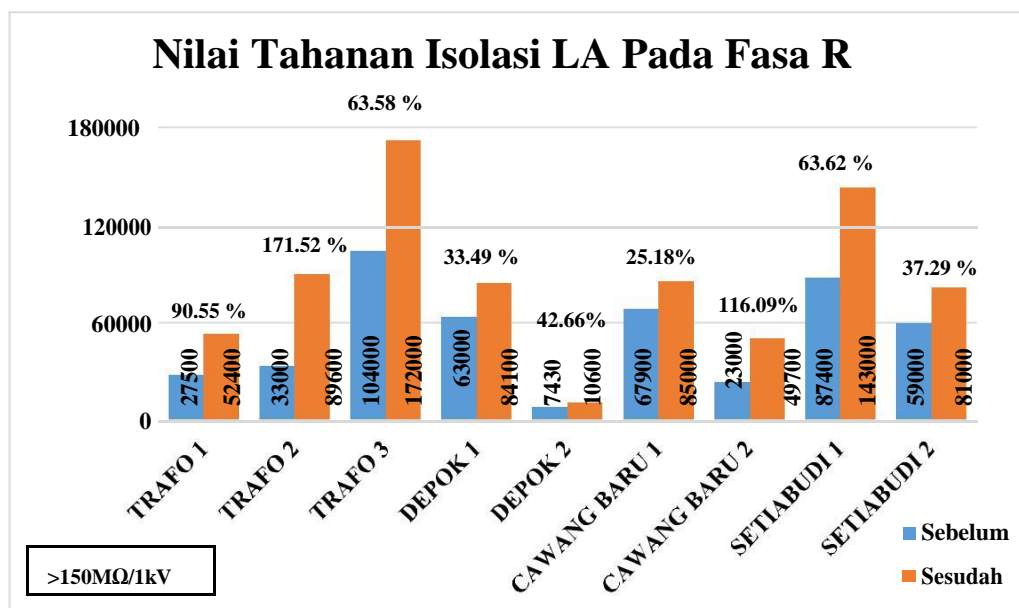
perbandingan nilai tahanan isolasi sebelum dan sesudah dilakukan perawatan. Grafik tersebut akan menjelaskan apakah nilai tahanan isolasi ini mengalami kenaikan atau penurunan.

Pengukuran ini dilakukan menggunakan alat uji Megger Kyoritsu 3125 dengan tegangan uji sebesar 5 kV. Mengacu pada standar IEEE 43-2000 ( $> 1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ) dan IEEE Std 65-1995. Berikut adalah tabel 4.1 data hasil pengukuran tahanan isolasi pada masing-masing peralatan utama GI di Cawang.

## 4.2.Pembahasan

Dari keseluruhan data yang didapatkan, maka dilakukan analisa pada masing-masing komponen di setiap fasa. Analisa yang dilakukan berdasarkan pada tabel 4.1, dimana nilai pengukuran yang didapatkan dari perawatan sebelum dan sesudah saat akan dilakukan pengukuran. Berikut adalah analisa nilai pengukuran tahanan isolasi pada semua peralatan utama Gardu Induk di setiap fasa

### 4.2.1. Analisa Nilai Tahanan Isolasi LA Pada Fasa R



**Gambar 4.1 Nilai Tahanan Isolasi LA Pada Fasa R**

Berdasarkan pada gambar 4.1 diatas, dapat dilihat bahwa pengukuran nilai tahanan isolasi *Lightning Arrester* (LA) pada fasa R memiliki variasi nilai. Nilai yang didapat dari pengukuran ini dari hasil sebelum dan sesudah peralatan diberi perawatan. Perawatan yang dilakukan pada LA berupa pembersihan permukaan isolator dari material asing yang menempel, inspeksi visual pada isolator yang rusak/patah, mengecek pemasangan baut (peralatan bantu) agar tidak tidak terlalu longgar dan tidak terlalu kencang, dan membersihkan *body* LA.

Apabila kita lihat kembali pada gambar 4.1 diatas, ditemukan kenaikan nilai tahanan isolasi pada fasa R di setiap Bay di Gardu Induk Cawang. Nilai tahanan isolasi tertinggi setelah diberi perawatan berada di Bay Trafo 3, yang berarti kondisi LA pada bay ini paling aman dibandingkan dengan bay lain, meskipun pada bay lainnya nilai tahanan isolasi berada diatas batas minimum standar. Selain itu, nilai tahanan isolasi LA pada fasa R di semua Bay berada diatas standar yang telah ditentukan menurut IEEE 43-2000 dan VDE Catalogue 228/4, yaitu ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ).

Pada Bay Trafo 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $27500 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $52400 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 90,55%.

Pada Bay Trafo 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $33000 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $89600 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 171,52%.

Pada Bay Trafo 3, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $104000 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $172000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 63,58%.

Pada Bay Depok 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $63000 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $84100 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 33,49%.

Pada Bay Depok 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 7430 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 10600 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 42,66%.

Pada Bay Cawang Baru 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 67900 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 85000 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 25,18%.

Pada Bay Cawang Baru 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 23000 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 49700 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 116,09%.

Pada Bay Setiabudi 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 87400 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 143000 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 63,62%.

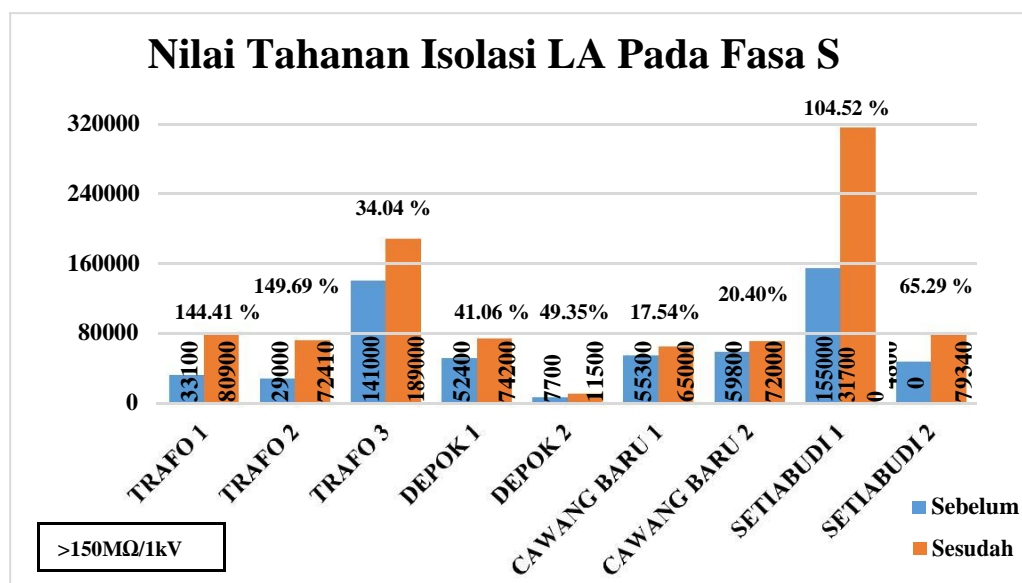
Pada Bay Setiabudi 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 59000 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 81000 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 37,29%.

Berdasarkan data yang didapatkan dan ditunjukkan seperti gambar 4.1 diatas, didapatkan bahwa kondisi LA fasa R di semua bay aman dan dapat dilakukan pengoperasian karena nilai berada diatas batas minimum standar. Bay Trafo 2

merupakan bay yang memiliki kenaikan nilai tahanan isolasi paling tinggi (sebesar 171,52%) apabila dilihat dari nilai sebelum dan sesudah dilakukan perawatan.

Akan tetapi, terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan kualitas isolasi pada setiap peralatan, contohnya LA, yang mengakibatkan nilai tahanan isolasi menurun. Beberapa diantaranya adalah usia peralatan, dan lamanya peralatan diberi tegangan.

#### 4.2.2. Analisa Nilai Tahanan Isolasi LA Pada Fasa S



**Gambar 4.2 Nilai Tahanan Isolasi LA Pada Fasa S**

Berdasarkan pada gambar 4.2 diatas, dapat dilihat bahwa pengukuran nilai tahanan isolasi *Lightning Arrester* (LA) pada fasa S memiliki variasi nilai. Nilai yang didapat dari pengukuran ini dari hasil sebelum dan sesudah peralatan diberi perawatan. Perawatan yang dilakukan pada LA berupa pembersihan permukaan isolator dari material asing yang menempel, inspeksi visual pada isolator yang rusak/patah, mengecek pemasangan baut (peralatan bantu) agar tidak tidak terlalu longgar dan tidak terlalu kencang, dan membersihkan *body* LA.

Apabila kita lihat kembali pada gambar 4.2 diatas, ditemukan kenaikan nilai tahanan isolasi pada fasa S di setiap Bay di Gardu Induk Cawang. Nilai tahanan isolasi tertinggi setelah diberi perawatan berada di Bay Setiabudi 1, yang berarti kondisi LA pada bay ini paling aman dibandingkan dengan bay lain, meskipun pada bay lainnya nilai tahanan isolasi berada diatas batas minimum standar. Selain itu, nilai tahanan isolasi LA pada fasa S di semua Bay berada diatas standar yang telah ditentukan menurut IEEE 43-2000 dan VDE Catalogue 228/4, yaitu ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ).

Pada Bay Trafo 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $33100 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $80900 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 144,41%.

Pada Bay Trafo 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $29000 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $72410 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 149,69%.

Pada Bay Trafo 3, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $141000 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $189000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 34,04%.

Pada Bay Depok 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $52400 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $74200 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 41,06%.

Pada Bay Depok 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 7700 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 11500 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 49,35%.

Pada Bay Cawang Baru 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 55300 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 65000 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 17,54%.

Pada Bay Cawang Baru 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 59800 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 72000 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 20,40%.

Pada Bay Setiabudi 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 155000 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 317000 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 104,52%.

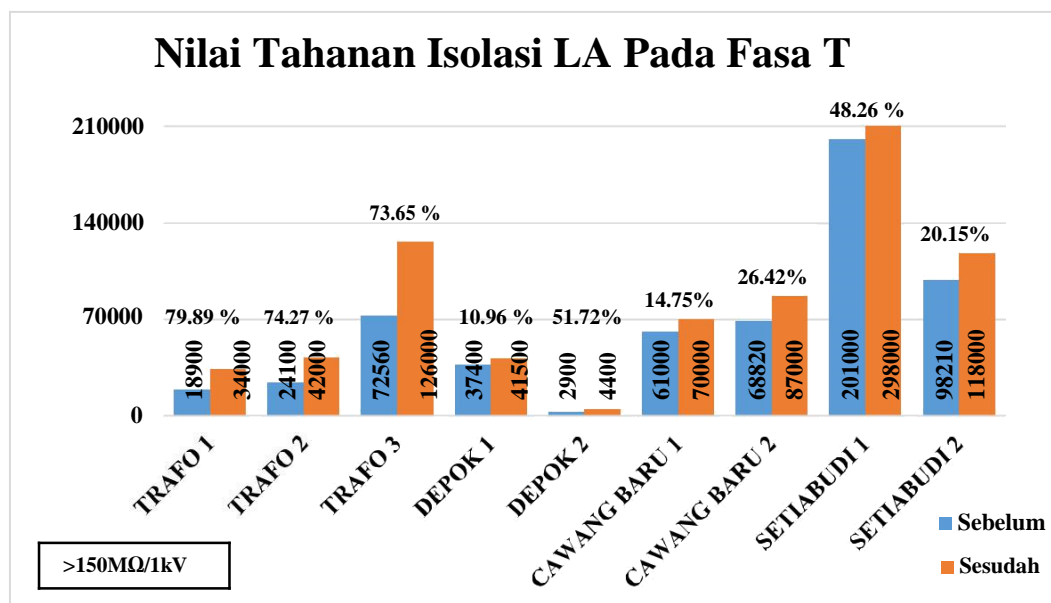
Pada Bay Setiabudi 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 48000 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 79340 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 65,29%.

Berdasarkan data yang didapatkan dan ditunjukkan seperti gambar 4.2 diatas, didapatkan bahwa kondisi LA fasa S di semua bay aman dan dapat dilakukan pengoperasian karena nilai berada diatas batas minimum standar. Bay Trafo 2

merupakan bay yang memiliki kenaikan nilai tahanan isolasi paling tinggi (sebesar 149,69%) apabila dilihat dari nilai sebelum dan sesudah dilakukan perawatan.

Akan tetapi, terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan kualitas isolasi pada setiap peralatan, contohnya LA, yang mengakibatkan nilai tahanan isolasi menurun. Beberapa diantaranya adalah usia peralatan, dan lamanya peralatan diberi tegangan.

#### 4.2.3. Analisa Nilai Tahanan Isolasi LA Pada Fasa T



**Gambar 4.3 Nilai Tahanan Isolasi LA Pada Fasa T**

Berdasarkan pada gambar 4.3 diatas, dapat dilihat bahwa pengukuran nilai tahanan isolasi *Lightning Arrester* (LA) pada fasa T memiliki variasi nilai. Nilai yang didapat dari pengukuran ini dari hasil sebelum dan sesudah peralatan diberi perawatan. Perawatan yang dilakukan pada LA berupa pembersihan permukaan isolator dari material asing yang menempel, inspeksi visual pada isolator yang rusak/patah, mengecek pemasangan baut (peralatan bantu) agar tidak terlalu longgar dan tidak terlalu kencang, dan membersihkan *body* LA.



Apabila kita lihat kembali pada gambar 4.3 diatas, ditemukan kenaikan nilai tahanan isolasi pada fasa T di setiap Bay di Gardu Induk Cawang. Nilai tahanan isolasi tertinggi setelah diberi perawatan berada di Bay Setiabudi 1, yang berarti kondisi LA pada bay ini paling aman dibandingkan dengan bay lain, meskipun pada bay lainnya nilai tahanan isolasi berada diatas batas minimum standar. Selain itu, nilai tahanan isolasi LA pada fasa T di semua Bay berada diatas standar yang telah ditentukan menurut IEEE 43-2000 dan VDE Catalogue 228/4, yaitu ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ).

Pada Bay Trafo 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $18900 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $34000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 79,89%.

Pada Bay Trafo 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $24100 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $42000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 74,24%.

Pada Bay Trafo 3, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $72560 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $126000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 73,65%.

Pada Bay Depok 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $37400 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $41500 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan 10,96%.

Pada Bay Depok 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 2900 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 4400 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 51,72%.

Pada Bay Cawang Baru 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 61000 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 70000 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 14,75%.

Pada Bay Cawang Baru 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 68820 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 87000 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 26,42%.

Pada Bay Setiabudi 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 201000 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 298000 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 48,26%.

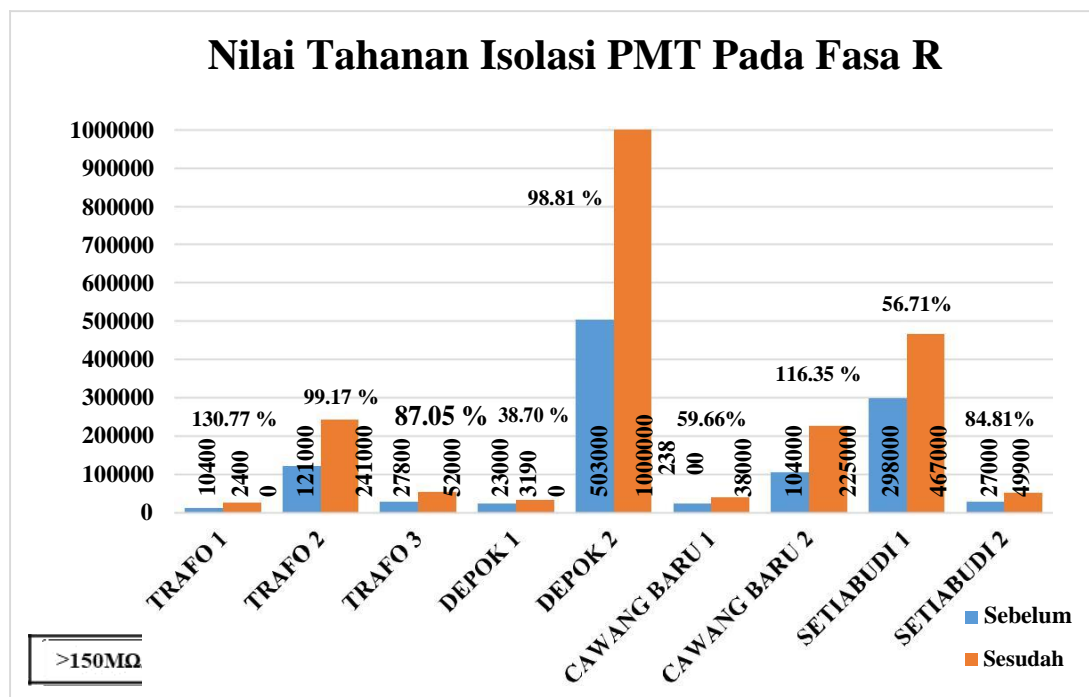
Pada Bay Setiabudi 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 98210 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 118000 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi LA pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi LA pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 20,15%.

Berdasarkan data yang didapatkan dan ditunjukkan seperti gambar 4.3 diatas, didapatkan bahwa kondisi LA fasa T di semua bay aman dan dapat dilakukan pengoperasian karena nilai berada diatas batas minimum standar. Bay Trafo 1

merupakan bay yang memiliki kenaikan nilai tahanan isolasi paling tinggi (sebesar 79,89%) apabila dilihat dari nilai sebelum dan sesudah dilakukan perawatan.

Akan tetapi, terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan kualitas isolasi pada setiap peralatan, contohnya LA, yang mengakibatkan nilai tahanan isolasi menurun. Beberapa diantaranya adalah usia peralatan, dan lamanya peralatan diberi tegangan.

#### 4.2.4. Analisa Nilai Tahanan Isolasi PMT Pada Fasa R



**Gambar 4.4 Nilai Tahanan Isolasi PMT Pada Fasa R**

Berdasarkan pada gambar 4.4 diatas, dapat dilihat bahwa pengukuran nilai tahanan isolasi Pemutus Tenaga (PMT) pada fasa R memiliki variasi nilai. Nilai yang didapat dari pengukuran ini dari hasil sebelum dan sesudah peralatan diberi perawatan. Perawatan yang dilakukan pada PMT berupa pembersihan permukaan komponen dari material asing yang menempel, inspeksi visual pada isolator yang rusak/patah, mengecek pemasangan baut (peralatan bantu) agar tidak terlalu longgar dan tidak terlalu kencang, dan membersihkan *body* PMT.

Apabila kita lihat kembali pada gambar 4.4 diatas, ditemukan kenaikan nilai tahanan isolasi pada fasa R di setiap Bay di Gardu Induk Cawang. Nilai tahanan isolasi tertinggi setelah diberi perawatan berada di Bay Depok 2, yang berarti kondisi PMT pada bay ini paling aman dibandingkan dengan bay lain, meskipun pada bay lainnya nilai tahanan isolasi berada diatas batas minimum standar. Pada bay ini, nilai tahanan isolasi mendapatkan nilai tertinggi pada rasio pembacaan di alat ukur yaitu sebesar  $>1000 \text{ G}\Omega$  atau  $>1000000 \text{ M}\Omega$ , yang ditunjukkan dengan tulisan "OL" pada alat ukur Megger. Selain itu, nilai tahanan isolasi PMT pada fasa R di semua Bay berada diatas standar yang telah ditentukan menurut IEEE 43-2000 dan VDE Catalogue 228/4, yaitu ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ).

Pada Bay Trafo 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $10400 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $24000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 130,77%.

Pada Bay Trafo 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $121000 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $241000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 99,17%.

Pada Bay Trafo 3, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $27800 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $52000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 87,05%.

Pada Bay Depok 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $23000 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $31900 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi

PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan 38,70%.

Pada Bay Depok 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 503000  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $>1000000 \text{ M}\Omega$  (OL). Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 98,91%.

Pada Bay Cawang Baru 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 23800  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 38999  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 59,66%.

Pada Bay Cawang Baru 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 104000  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 225000  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 116,35%.

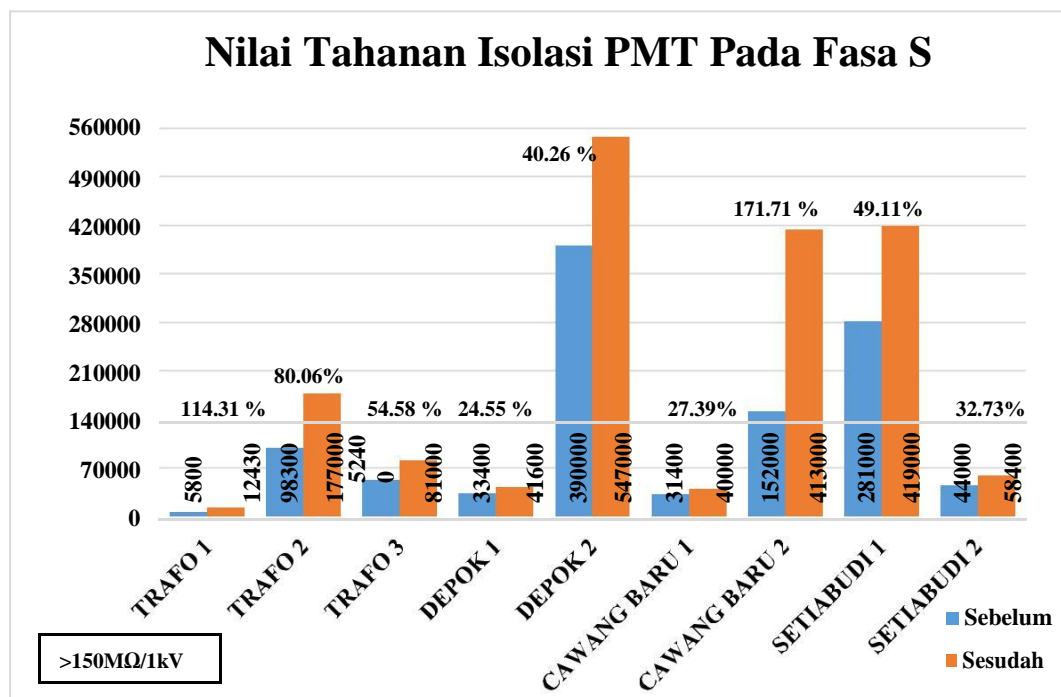
Pada Bay Setiabudi 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 298000  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 467000  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 56,71%.

Pada Bay Setiabudi 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 27000  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 49900  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 84,81%.

Berdasarkan data yang didapatkan dan ditunjukkan seperti gambar 4.4 diatas, didapatkan bahwa kondisi PMT fasa R di semua bay aman dan dapat dilakukan pengoperasian karena nilai berada diatas batas minimum standar. Bay Trafo 1 merupakan bay yang memiliki kenaikan nilai tahanan isolasi paling tinggi (sebesar 130,77%) apabila dilihat dari nilai sebelum dan sesudah dilakukan perawatan.

Akan tetapi, terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan kualitas isolasi pada setiap peralatan, contohnya PMT, yang mengakibatkan nilai tahanan isolasi menurun. Beberapa diantaranya adalah usia perlatan, sering terjadi *trip*, dan lamanya peralatan diberi tegangan.

#### 4.2.5. Analisa Nilai Tahanan Isolasi PMT Pada Fasa S



**Gambar 4.5 Nilai Tahanan Isolasi PMT Pada Fasa S**

Berdasarkan pada gambar 4.5 diatas, dapat dilihat bahwa pengukuran nilai tahanan isolasi Pemutus Tenaga (PMT) pada fasa S memiliki variasi nilai. Nilai yang didapat dari pengukuran ini dari hasil sebelum dan sesudah peralatan diberi perawatan. Perawatan yang dilakukan pada PMT berupa pembersihan permukaan

komponen dari material asing yang menempel, inspeksi visual pada isolator yang rusak/patah, mengecek pemasangan baut (peralatan bantu) agar tidak tidak terlalu longgar dan tidak terlalu kencang, dan membersihkan *body* PMT.

Apabila kita lihat kembali pada gambar 4.5 diatas, ditemukan kenaikan nilai tahanan isolasi pada fasa S di setiap Bay di Gardu Induk Cawang. Nilai tahanan isolasi tertinggi setelah diberi perawatan berada di Bay Depok 2, yang berarti kondisi PMT pada bay ini paling aman dibandingkan dengan bay lain, meskipun pada bay lainnya nilai tahanan isolasi berada diatas batas minimum standar. Selain itu, nilai tahanan isolasi PMT pada fasa S di semua Bay berada diatas standar yang telah ditentukan menurut IEEE 43-2000 dan VDE Catalogue 228/4, yaitu ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ).

Pada Bay Trafo 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 5800  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 12430  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 114,31%.

Pada Bay Trafo 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 98300  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 177000  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 80,06%.

Pada Bay Trafo 3, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 52400  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 81000  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 54,58%.

Pada Bay Depok 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 33400 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 41600 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan 24,55%.

Pada Bay Depok 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 390000 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 547000 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 40,26%.

Pada Bay Cawang Baru 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 31400 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 40000 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 27,39%.

Pada Bay Cawang Baru 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 152000 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 413000 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 171,71%.

Pada Bay Setiabudi 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 281000 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 419000 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 49,11%.

Pada Bay Setiabudi 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 44000 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 58400 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi

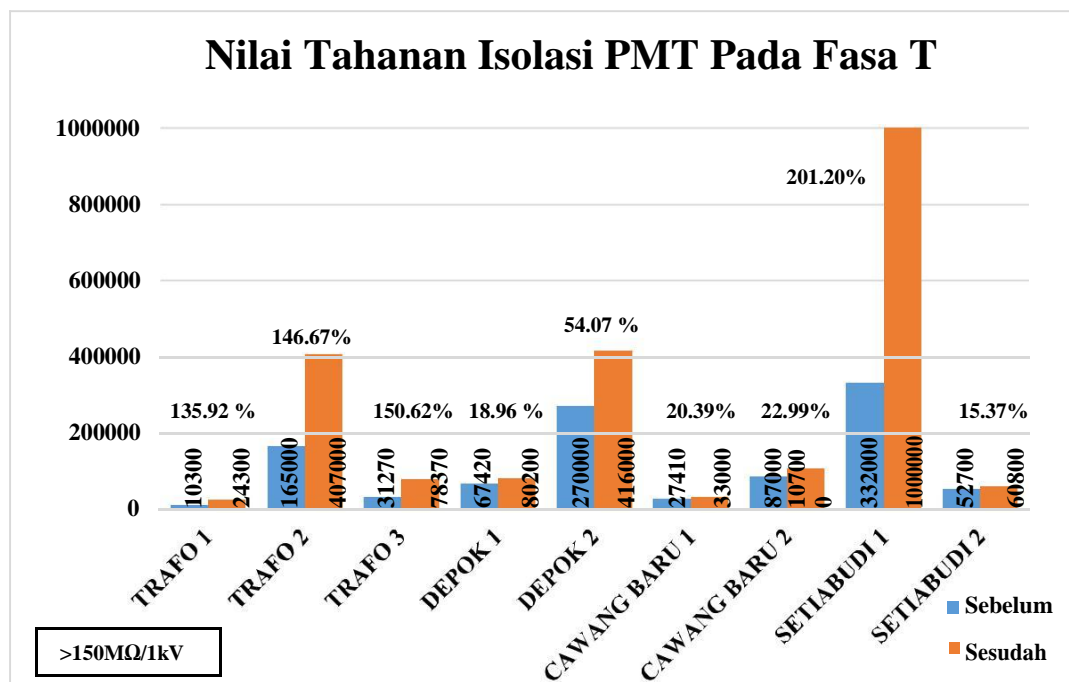


PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 32,73%.

Berdasarkan data yang didapatkan dan ditunjukkan seperti gambar 4.5 diatas, didapatkan bahwa kondisi PMT fasa S di semua bay aman dan dapat dilakukan pengoperasian karena nilai berada diatas batas minimum standar. Bay Cawang Baru 2 merupakan bay yang memiliki kenaikan nilai tahanan isolasi paling tinggi (sebesar 171,71%) apabila dilihat dari nilai sebelum dan sesudah dilakukan perawatan.

Akan tetapi, terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan kualitas isolasi pada setiap peralatan, contohnya PMT, yang mengakibatkan nilai tahanan isolasi menurun. Beberapa diantaranya adalah usia perlatan, sering terjadi *trip*, dan lamanya peralatan diberi tegangan.

#### 4.2.6. Analisa Nilai Tahanan Isolasi PMT Pada Fasa T



Gambar 4.6 Nilai Tahanan Isolasi PMT Pada Fasa T

Berdasarkan pada gambar 4.6 diatas, dapat dilihat bahwa pengukuran nilai tahanan isolasi Pemutus Tenaga (PMT) pada fasa T memiliki variasi nilai. Nilai yang didapat dari pengukuran ini dari hasil sebelum dan sesudah peralatan diberi perawatan. Perawatan yang dilakukan pada PMT berupa pembersihan permukaan komponen dari material asing yang menempel, inspeksi visual pada isolator yang rusak/patah, mengecek pemasangan baut (peralatan bantu) agar tidak tidak terlalu longgar dan tidak terlalu kencang, dan membersihkan *body* PMT.

Apabila kita lihat kembali pada gambar 4.6 diatas, ditemukan kenaikan nilai tahanan isolasi pada fasa T di setiap Bay di Gardu Induk Cawang. Nilai tahanan isolasi tertinggi setelah diberi perawatan berada di Bay Setiabudi 1, yang berarti kondisi PMT pada bay ini paling aman dibandingkan dengan bay lain, meskipun pada bay lainnya nilai tahanan isolasi berada diatas batas minimum standar. Pada bay ini, nilai tahanan isolasi mendapatkan nilai tertinggi pada rasio pembacaan di alat ukur yaitu sebesar  $>1000 \text{ G}\Omega$  atau  $>1000000 \text{ M}\Omega$ , yang ditunjukkan dengan tulisan "OL" pada alat ukur Megger. Selain itu, nilai tahanan isolasi PMT pada fasa T di semua Bay berada diatas standar yang telah ditentukan menurut IEEE 43-2000 dan VDE Catalogue 228/4, yaitu ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ).

Pada Bay Trafo 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $10300 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $24300 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 135,92%.

Pada Bay Trafo 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $165000 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $407000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi

PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 146,67%.

Pada Bay Trafo 3, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 31270  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 78370  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 150,62%.

Pada Bay Depok 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 67420  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 80200  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan 18,96%.

Pada Bay Depok 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 270000  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 416000  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 54,07%.

Pada Bay Cawang Baru 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 27410  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 33000  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 20,39%.

Pada Bay Cawang Baru 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 87000  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 107000  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 22,99%.

Pada Bay Setiabudi 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 332000  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $>1000000 \text{ M}\Omega$  (OL). Nilai

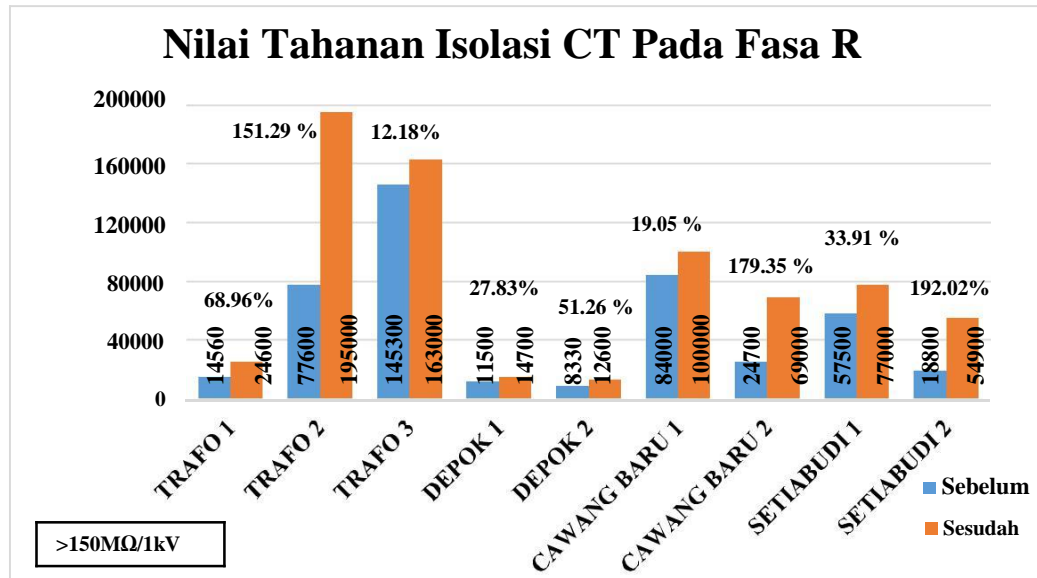
tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 201,20%.

Pada Bay Setiabudi 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 52700  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 60800  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi PMT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi PMT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 15,37%.

Berdasarkan data yang didapatkan dan ditunjukkan seperti gambar 4.6 diatas, didapatkan bahwa kondisi PMT fasa T di semua bay aman dan dapat dilakukan pengoperasian karena nilai berada diatas batas minimum standar. Bay Setiabudi 1 merupakan bay yang memiliki kenaikan nilai tahanan isolasi paling tinggi (sebesar 201,20%) apabila dilihat dari nilai sebelum dan sesudah dilakukan perawatan.

Akan tetapi, terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan kualitas isolasi pada setiap peralatan, contohnya PMT, yang mengakibatkan nilai tahanan isolasi menurun. Beberapa diantaranya adalah usia peralatan, sering terjadi *trip*, dan lamanya peralatan diberi tegangan.

#### 4.2.7. Analisa Nilai Tahanan Isolasi CT Pada Fasa R



**Gambar 4.7 Nilai Tahanan Isolasi CT Pada Fasa R**

Berdasarkan pada gambar 4.7 diatas, dapat dilihat bahwa pengukuran nilai tahanan isolasi Trafo Arus (CT) pada fasa R memiliki variasi nilai. Nilai yang didapat dari pengukuran ini dari hasil sebelum dan sesudah peralatan diberi perawatan. Perawatan yang dilakukan pada CT berupa pembersihan permukaan komponen dari material asing yang menempel, inspeksi visual pada isolator yang rusak/patah, pembersihan di titik-titik pengukuran, mengecek pemasangan baut (peralatan bantu) agar tidak terlalu longgar dan tidak terlalu kencang, dan membersihkan *body* CT.

Apabila kita lihat kembali pada gambar 4.7 diatas, ditemukan kenaikan nilai tahanan isolasi pada fasa R di setiap Bay di Gardu Induk Cawang. Nilai tahanan isolasi tertinggi setelah diberi perawatan berada di Bay Trafo 2, yang berarti kondisi CT pada bay ini paling aman dibandingkan dengan bay lain, meskipun pada bay lainnya nilai tahanan isolasi berada diatas batas minimum standar. Selain itu, nilai tahanan isolasi CT pada fasa R di semua Bay berada diatas standar yang telah

ditentukan menurut IEEE 43-2000 dan VDE Catalogue 228/4, yaitu ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ).

Pada Bay Trafo 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $14560 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $24600 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 68,96%.

Pada Bay Trafo 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $77600 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $195000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 151,29%.

Pada Bay Trafo 3, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $145300 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $163000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 12,18%.

Pada Bay Depok 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $11500 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $14700 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan 27,83%.

Pada Bay Depok 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $8330 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $12600 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 51,26%.

Pada Bay Cawang Baru 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $84000 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $100000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan

Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ).

Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 19,05%.

Pada Bay Cawang Baru 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 24700  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 69000  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 179,35%.

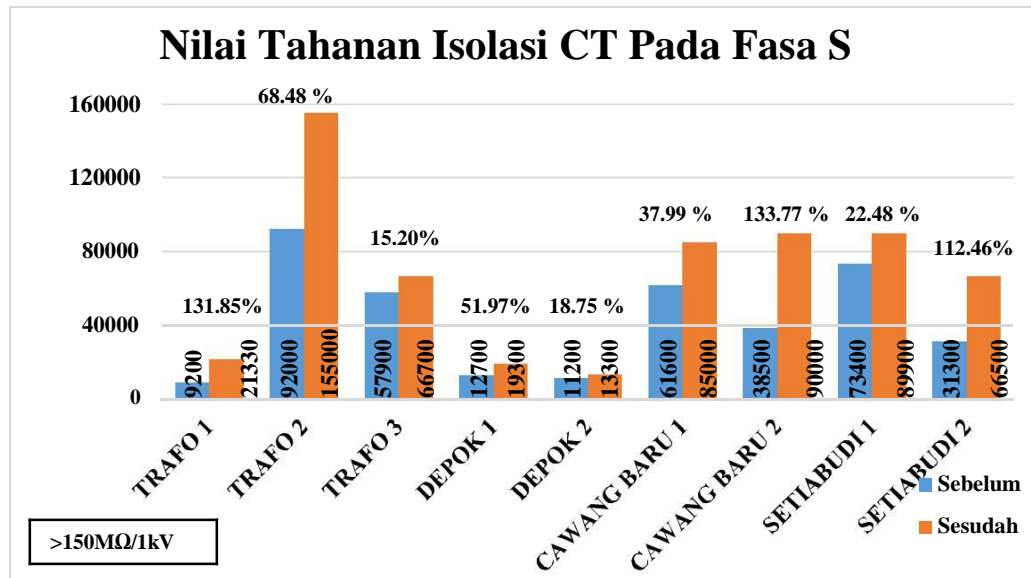
Pada Bay Setiabudi 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 57500  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 77000  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 33,91%.

Pada Bay Setiabudi 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 18800  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 54900  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 192,02%.

Berdasarkan data yang didapatkan dan ditunjukkan seperti gambar 4.7 diatas, didapatkan bahwa kondisi CT fasa R di semua bay aman dan dapat dilakukan pengoperasian karena nilai berada diatas batas minimum standar. Bay Setiabudi 2 merupakan bay yang memiliki kenaikan nilai tahanan isolasi paling tinggi (sebesar 192,02%) apabila dilihat dari nilai sebelum dan sesudah dilakukan perawatan.

Akan tetapi, terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan kualitas isolasi pada setiap peralatan, contohnya CT, yang mengakibatkan nilai tahanan isolasi menurun. Beberapa diantaranya adalah usia peralatan, sering terjadi *trip*, dan lamanya peralatan diberi tegangan.

#### 4.2.8. Analisa Nilai Tahanan Isolasi CT Pada Fasa S



Gambar 4.8 Nilai Tahanan Isolasi CT Pada Fasa S

Berdasarkan pada gambar 4.8 diatas, dapat dilihat bahwa pengukuran nilai tahanan isolasi Trafo Arus (CT) pada fasa R memiliki variasi nilai. Nilai yang didapat dari pengukuran ini dari hasil sebelum dan sesudah peralatan diberi perawatan. Perawatan yang dilakukan pada CT berupa pembersihan permukaan komponen dari material asing yang menempel, inspeksi visual pada isolator yang rusak/patah, pembersihan di titik-titik pengukuran, mengecek pemasangan baut (peralatan bantu) agar tidak tidak terlalu longgar dan tidak terlalu kencang, dan membersihkan *body* CT.

Apabila kita lihat kembali pada gambar 4.8 diatas, ditemukan kenaikan nilai tahanan isolasi pada fasa S di setiap Bay di Gardu Induk Cawang. Nilai tahanan isolasi tertinggi setelah diberi perawatan berada di Bay Trafo 2, yang berarti kondisi CT pada bay ini paling aman dibandingkan dengan bay lain, meskipun pada bay lainnya nilai tahanan isolasi berada diatas batas minimum standar. Selain itu, nilai tahanan isolasi CT pada fasa S di semua Bay berada diatas standar yang telah



ditentukan menurut IEEE 43-2000 dan VDE Catalogue 228/4, yaitu ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ).

Pada Bay Trafo 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 9200  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 21330  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 131,85%.

Pada Bay Trafo 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 92000  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 155000  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 68,48%.

Pada Bay Trafo 3, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 57900  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 66700  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 15,20%.

Pada Bay Depok 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 12700  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 19300  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan 51,97%.

Pada Bay Depok 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 11200  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 13300  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 18,75%.

Pada Bay Cawang Baru 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 61600  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 85000  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan

Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ).

Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 37,99%.

Pada Bay Cawang Baru 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 38500  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 90000  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 133,77%.

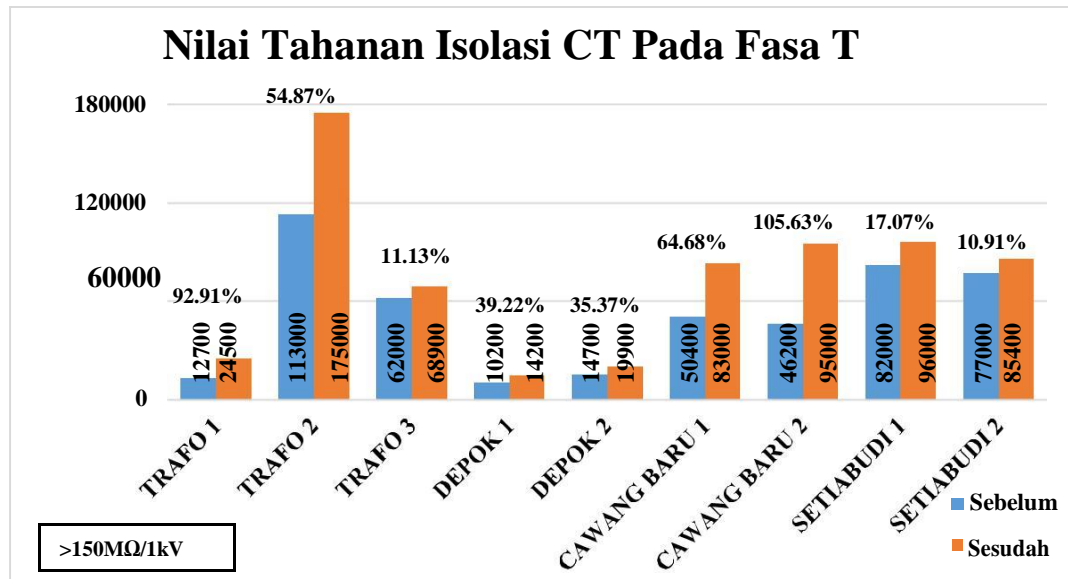
Pada Bay Setiabudi 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 73400  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 89900  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 22,48%.

Pada Bay Setiabudi 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 31300  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 66500  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 112,46%.

Berdasarkan data yang didapatkan dan ditunjukkan seperti gambar 4.8 diatas, didapatkan bahwa kondisi CT fasa S di semua bay aman dan dapat dilakukan pengoperasian karena nilai berada diatas batas minimum standar. Bay Cawang Baru 2 merupakan bay yang memiliki kenaikan nilai tahanan isolasi paling tinggi (sebesar 133,77%) apabila dilihat dari nilai sebelum dan sesudah dilakukan perawatan.

Akan tetapi, terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan kualitas isolasi pada setiap peralatan, contohnya CT, yang mengakibatkan nilai tahanan isolasi menurun. Beberapa diantaranya adalah usia peralatan, sering terjadi *trip*, dan lamanya peralatan diberi tegangan.

#### 4.2.9. Analisa Nilai Tahanan Isolasi CT Pada Fasa T



**Gambar 4.9 Nilai Tahanan Isolasi CT Pada Fasa T**

Berdasarkan pada gambar 4.9 diatas, dapat dilihat bahwa pengukuran nilai tahanan isolasi Trafo Arus (CT) pada fasa R memiliki variasi nilai. Nilai yang didapat dari pengukuran ini dari hasil sebelum dan sesudah peralatan diberi perawatan. Perawatan yang dilakukan pada CT berupa pembersihan permukaan komponen dari material asing yang menempel, inspeksi visual pada isolator yang rusak/patah, pembersihan di titik-titik pengukuran, mengecek pemasangan baut (peralatan bantu) agar tidak terlalu longgar dan tidak terlalu kencang, dan membersihkan *body* CT.

Apabila kita lihat kembali pada gambar 4.9 diatas, ditemukan kenaikan nilai tahanan isolasi pada fasa T di setiap Bay di Gardu Induk Cawang. Nilai tahanan isolasi tertinggi setelah diberi perawatan berada di Bay Trafo 2, yang berarti kondisi CT pada bay ini paling aman dibandingkan dengan bay lain, meskipun pada bay lainnya nilai tahanan isolasi berada diatas batas minimum standar. Selain itu, nilai tahanan isolasi CT pada fasa T di semua Bay berada diatas standar yang telah

ditentukan menurut IEEE 43-2000 dan VDE Catalogue 228/4, yaitu ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ).

Pada Bay Trafo 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $12700 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $24500 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 92,91%.

Pada Bay Trafo 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $113000 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $175000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 54,87%.

Pada Bay Trafo 3, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $62000 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $68900 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 11,13%.

Pada Bay Depok 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $10200 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $14200 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan 39,22%.

Pada Bay Depok 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $14700 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $19900 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 35,37%.

Pada Bay Cawang Baru 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $50400 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $83000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan

Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ).

Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 64,68%.

Pada Bay Cawang Baru 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 46200  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 95000  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 105,63%.

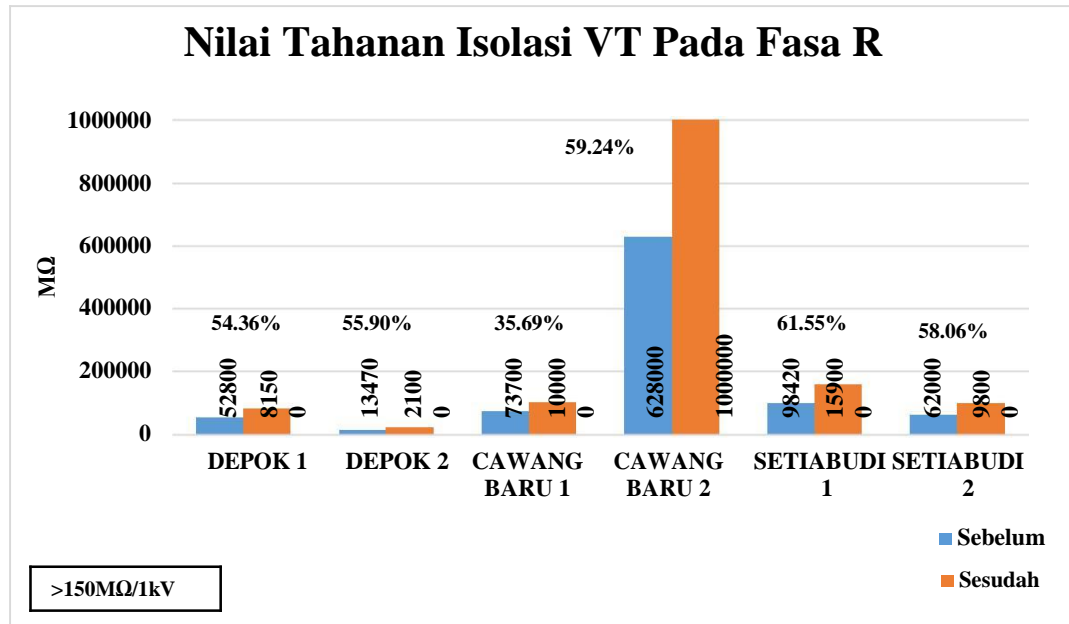
Pada Bay Setiabudi 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 82000  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 96000  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 17,07%.

Pada Bay Setiabudi 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 77000  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 85400  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi CT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi CT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 10,91%.

Berdasarkan data yang didapatkan dan ditunjukkan seperti gambar 4.9 diatas, didapatkan bahwa kondisi CT fasa T di semua bay aman dan dapat dilakukan pengoperasian karena nilai berada diatas batas minimum standar. Bay Cawang Baru 2 merupakan bay yang memiliki kenaikan nilai tahanan isolasi paling tinggi (sebesar 105,63%) apabila dilihat dari nilai sebelum dan sesudah dilakukan perawatan.

Akan tetapi, terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan kualitas isolasi pada setiap peralatan, contohnya CT, yang mengakibatkan nilai tahanan isolasi menurun. Beberapa diantaranya adalah usia peralatan, sering terjadi *trip*, dan lamanya peralatan diberi tegangan.

#### 4.2.10. Analisa Nilai Tahanan Isolasi VT Pada Fasa R



**Gambar 4.10 Nilai Tahanan Isolasi VT Pada Fasa R**

Berdasarkan pada gambar 4.10 diatas, dapat dilihat bahwa pengukuran nilai tahanan isolasi Trafo Tegangan (VT) pada fasa R memiliki variasi nilai. Nilai yang didapat dari pengukuran ini dari hasil sebelum dan sesudah peralatan diberi perawatan. Perawatan yang dilakukan pada VT berupa pembersihan permukaan komponen dari material asing yang menempel, inspeksi visual pada isolator yang rusak/patah, pembersihan di titik-titik pengukuran, mengecek pemasangan baut (peralatan bantu) agar tidak tidak terlalu longgar dan tidak terlalu kencang, dan membersihkan *body* VT.

Apabila kita lihat kembali pada gambar 4.10 diatas, ditemukan kenaikan nilai tahanan isolasi pada fasa R di setiap Bay di Gardu Induk Cawang. Nilai tahanan isolasi tertinggi setelah diberi perawatan berada di Bay Cawang Baru 2, yang berarti kondisi VT pada bay ini paling aman dibandingkan dengan bay lain, meskipun pada bay lainnya nilai tahanan isolasi berada diatas batas minimum standar. Pada bay ini,

nilai tahanan isolasi mendapatkan nilai tertinggi pada rasio pembacaan di alat ukur yaitu sebesar  $>1000 \text{ G}\Omega$  atau  $>1000000 \text{ M}\Omega$ , yang ditunjukkan dengan tulisan “OL” pada alat ukur Megger. Selain itu, nilai tahanan isolasi VT pada fasa R di semua Bay berada diatas standar yang telah ditentukan menurut IEEE 43-2000 dan VDE Catalogue 228/4, yaitu ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ).

Pada Bay Depok 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $52800 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $81500 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi VT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi VT pada Bay ini mengalami kenaikan  $54,36\%$ .

Pada Bay Depok 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $13470 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $21000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi VT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi VT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar  $55,90\%$ .

Pada Bay Cawang Baru 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $73700 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $100000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi VT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi VT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar  $35,69\%$ .

Pada Bay Cawang Baru 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $628000 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $>1000000 \text{ M}\Omega$  (OL). Nilai tahanan Isolasi VT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi VT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar  $59,24\%$ .

Pada Bay Setiabudi 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $98420 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $159000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi

VT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi VT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 61,55%.

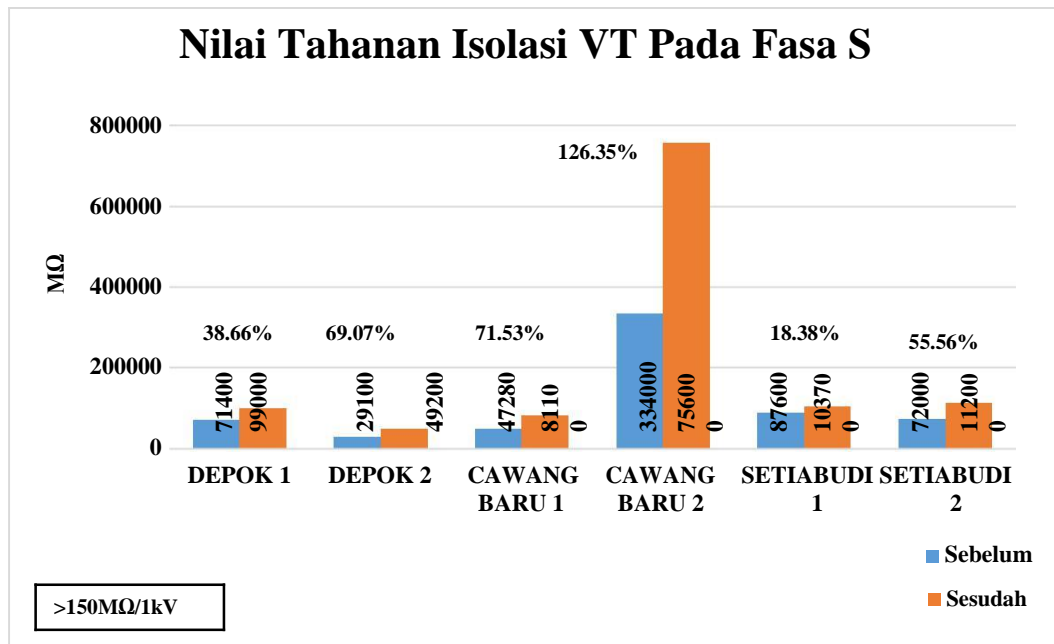
Pada Bay Setiabudi 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 62000  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 98000  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi VT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi VT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 58,06%.

Berdasarkan data yang didapatkan dan ditunjukkan seperti gambar 4.10 diatas, didapatkan bahwa kondisi VT fasa R di semua bay aman dan dapat dilakukan pengoperasian karena nilai berada diatas batas minimum standar. Bay Setiabudi 1 merupakan bay yang memiliki kenaikan nilai tahanan isolasi paling tinggi (sebesar 61,55%) apabila dilihat dari nilai sebelum dan sesudah dilakukan perawatan.

Akan tetapi, terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan kualitas isolasi pada setiap peralatan, contohnya VT, yang mengakibatkan nilai tahanan isolasi menurun. Beberapa diantaranya adalah usia peralatan, sering terjadi *trip*, dan lamanya peralatan diberi tegangan.



#### 4.2.11. Analisa Nilai Tahanan Isolasi VT Pada Fasa S



**Gambar 4.11 Nilai Tahanan Isolasi VT Pada Fasa S**

Berdasarkan pada gambar 4.11 diatas, dapat dilihat bahwa pengukuran nilai tahanan isolasi Trafo Tegangan (VT) pada fasa S memiliki variasi nilai. Nilai yang didapat dari pengukuran ini dari hasil sebelum dan sesudah peralatan diberi perawatan. Perawatan yang dilakukan pada VT berupa pembersihan permukaan komponen dari material asing yang menempel, inspeksi visual pada isolator yang rusak/patah, pembersihan di titik-titik pengukuran, mengecek pemasangan baut (peralatan bantu) agar tidak terlalu longgar dan tidak terlalu kencang, dan membersihkan *body* VT.

Apabila kita lihat kembali pada gambar 4.11 diatas, ditemukan kenaikan nilai tahanan isolasi pada fasa S di setiap Bay di Gardu Induk Cawang. Nilai tahanan isolasi tertinggi setelah diberi perawatan berada di Bay Cawang Baru 2, yang berarti kondisi VT pada bay ini paling aman dibandingkan dengan bay lain, meskipun pada bay lainnya nilai tahanan isolasi berada diatas batas minimum standar. Selain itu,

nilai tahanan isolasi VT pada fasa S di semua Bay berada diatas standar yang telah ditentukan menurut IEEE 43-2000 dan VDE Catalogue 228/4, yaitu ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ).

Pada Bay Depok 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $71400 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $99000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi VT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi VT pada Bay ini mengalami kenaikan  $38,66 \%$ .

Pada Bay Depok 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $29100 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $49200 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi VT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi VT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar  $69,07\%$ .

Pada Bay Cawang Baru 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $47280 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $81100 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi VT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi VT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar  $71,53\%$ .

Pada Bay Cawang Baru 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $334000 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $756000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi VT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi VT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar  $126,35\%$ .

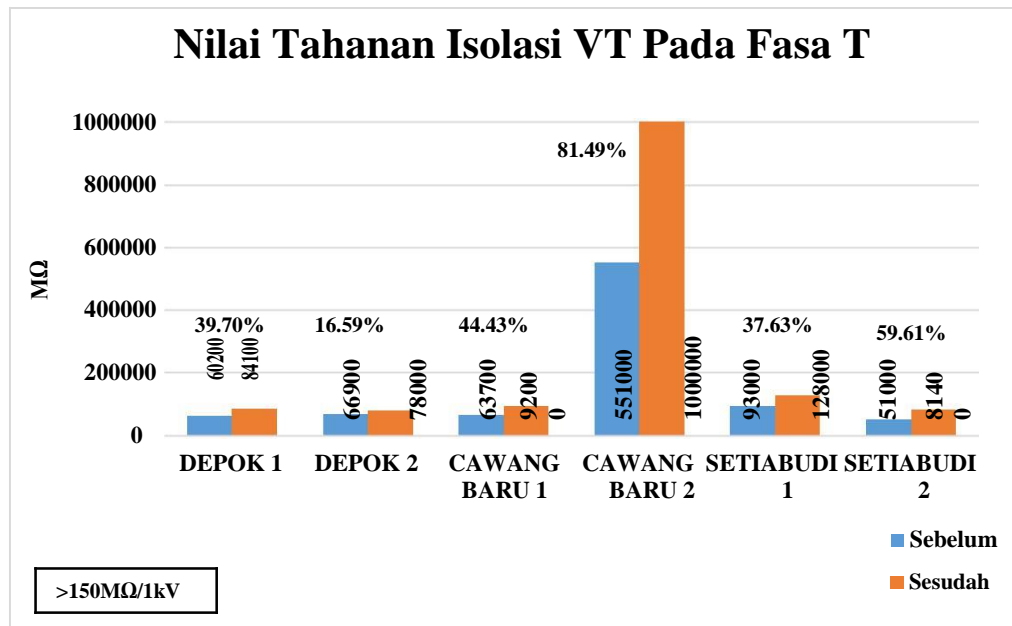
Pada Bay Setiabudi 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $87600 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $103700 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi VT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi VT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar  $18,38\%$ .

Pada Bay Setiabudi 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 72000 M $\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 112000 M $\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi VT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1$  M $\Omega$  / 1 kV). Nilai tahanan isolasi VT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 55,56%.

Berdasarkan data yang didapatkan dan ditunjukkan seperti gambar 4.11 diatas, didapatkan bahwa kondisi VT fasa S di semua bay aman dan dapat dilakukan pengoperasian karena nilai berada diatas batas minimum standar. Bay Cawang Baru 2 merupakan bay yang memiliki kenaikan nilai tahanan isolasi paling tinggi (sebesar 126,35%) apabila dilihat dari nilai sebelum dan sesudah dilakukan perawatan.

Akan tetapi, terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan kualitas isolasi pada setiap peralatan, contohnya VT, yang mengakibatkan nilai tahanan isolasi menurun. Beberapa diantaranya adalah usia peralatan, sering terjadi *trip*, dan lamanya peralatan diberi tegangan.

#### 4.2.12. Analisa Nilai Tahanan Isolasi VT Pada Fasa T



**Gambar 4.12 Nilai Tahanan Isolasi VT Pada Fasa T**

Berdasarkan pada gambar 4.12 diatas, dapat dilihat bahwa pengukuran nilai tahanan isolasi Trafo Tegangan (VT) pada fasa S memiliki variasi nilai. Nilai yang didapat dari pengukuran ini dari hasil sebelum dan sesudah peralatan diberi perawatan. Perawatan yang dilakukan pada VT berupa pembersihan permukaan komponen dari material asing yang menempel, inspeksi visual pada isolator yang rusak/patah, pembersihan di titik-titik pengukuran, mengecek pemasangan baut (peralatan bantu) agar tidak terlalu longgar dan tidak terlalu kencang, dan membersihkan *body* VT.

Apabila kita lihat kembali pada gambar 4.12 diatas, ditemukan kenaikan nilai tahanan isolasi pada fasa T di setiap Bay di Gardu Induk Cawang. Nilai tahanan isolasi tertinggi setelah diberi perawatan berada di Bay Cawang Baru 2, yang berarti kondisi VT pada bay ini paling aman dibandingkan dengan bay lain, meskipun pada bay lainnya nilai tahanan isolasi berada diatas batas minimum standar. Pada bay ini,

nilai tahanan isolasi mendapatkan nilai tertinggi pada rasio pembacaan di alat ukur yaitu sebesar  $>1000 \text{ G}\Omega$  atau  $>1000000 \text{ M}\Omega$ , yang ditunjukkan dengan tulisan “OL” pada alat ukur Megger. Selain itu, nilai tahanan isolasi VT pada fasa T di semua Bay berada diatas standar yang telah ditentukan menurut IEEE 43-2000 dan VDE Catalogue 228/4, yaitu ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ).

Pada Bay Depok 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $60200 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $84100 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi VT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi VT pada Bay ini mengalami kenaikan  $39,70 \%$ .

Pada Bay Depok 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $66900 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $78000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi VT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi VT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar  $16,59\%$ .

Pada Bay Cawang Baru 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $63700 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $92000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi VT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi VT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar  $44,43\%$ .

Pada Bay Cawang Baru 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $551000 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $>1000000 \text{ M}\Omega$  (OL). Nilai tahanan isolasi VT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi VT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar  $81,49\%$ .

Pada Bay Setiabudi 1, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar  $93000 \text{ M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar  $128000 \text{ M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi

VT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi VT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 37,63%.

Pada Bay Setiabudi 2, nilai tahanan isolasi sebelum diberi perawatan sebesar 51000  $\text{M}\Omega$  dan setelah diberi perawatan sebesar 81400  $\text{M}\Omega$ . Nilai tahanan Isolasi VT pada fasa Bay ini berada diatas nilai minimum standard ( $>1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ kV}$ ). Nilai tahanan isolasi VT pada Bay ini mengalami kenaikan sebesar 59,61%.

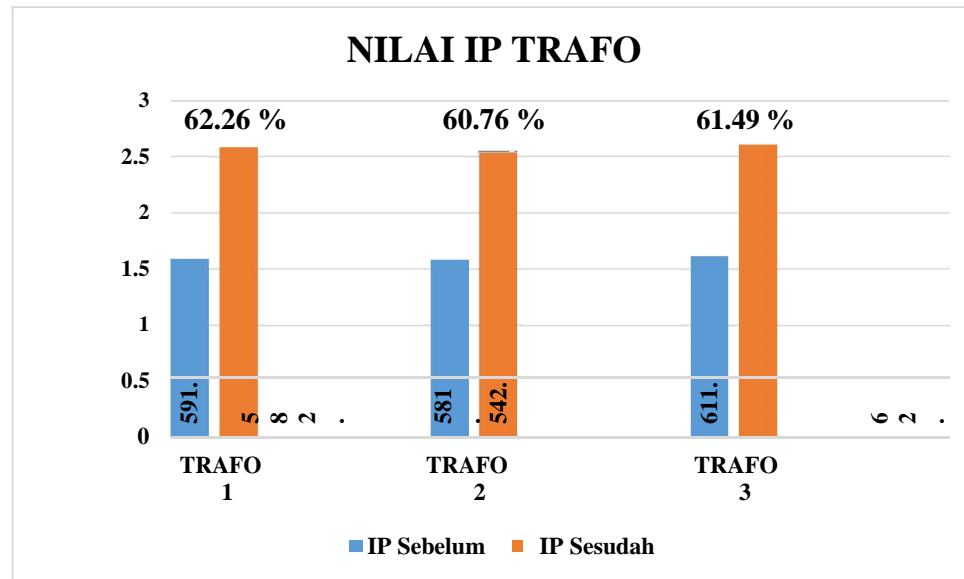
Berdasarkan data yang didapatkan dan ditunjukkan seperti gambar 4.12 diatas, didapatkan bahwa kondisi VT fasa T di semua bay aman dan dapat dilakukan pengoperasian karena nilai berada diatas batas minimum standar. Bay Cawang Baru 2 merupakan bay yang memiliki kenaikan nilai tahanan isolasi paling tinggi (sebesar 81,49%) apabila dilihat dari nilai sebelum dan sesudah dilakukan perawatan.

Akan tetapi, terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan kualitas isolasi pada setiap peralatan, contohnya VT, yang mengakibatkan nilai tahanan isolasi menurun. Beberapa diantaranya adalah usia peralatan, sering terjadi *trip*, dan lamanya peralatan diberi tegangan.

#### **4.2.13. Analisa Nilai Pengukuran Tahanan Isolasi Trafo Tenaga**

Analisa yang dilakukan berdasarkan pada tabel 4.1, dimana nilai pengukuran yang didapatkan dari perawatan sebelum dan sesudah saat akan dilakukan pengukuran. Pada pengukuran Tahanan Isolasi pada Trafo Tenaga dikenal istilah nilai Indeks Polarisasi (IP), dimana pengukuran ini dilakukan dengan rasio pembacaan selama 10 menit dibandingkan dengan pembacaan 1 menit. Standard yang digunakan dalam Pengukuran Tahanan Isolasi Trafo Tenaga dengan nilai IP ini berdasarkan IEEE Std 62 Tahun 1995. Berikut adalah analisa nilai pengukuran

tahanan isolasi pada Trafo Tenaga berdasarkan nilai Indeks Polarisasi (IP) di setiap Bay.



**Gambar 4.13 Diagram Nilai IP Trafo Tenaga**

Berdasarkan gambar 4.13 diatas, nilai IP pada Trafo Tenaga mengalami kenaikan pada setiap bay. Nilai IP yang didapatkan dari perhitungan pengukuran nilai tahanan isolasi berada diatas batas minimum sesuai dengan standard IEEE Std 62 Tahun 1995 yang telah di tetapkan, seperti pada tabel 2.1.

Perawatan yang dilakukan pada Trafo Tenaga adalah dengan membersihkan bushing dan isolator trafo, membersihkan bagian-bagian permukaan dari debu-debu atau material asing yang menempel pada *body* maupun isolator dan bushing trafo.

Pada Bay Trafo 1, nilai IP sebelum dilakukan perawatan sebesar 1,59 dan setelah dilakukan perawatan menjadi 2,58. Dapat dilihat pada tabel 2.1 bahwa nilai IP pada keadaan sebelum dan sesudah diberi perawatan berada pada kondisi “baik” dengan rentang nilai 1,25-2,0 dan “sangat baik” dengan rentang nilai >2,0.

Pada Bay Trafo 2, nilai IP sebelum dilakukan perawatan sebesar 1,58 dan setelah dilakukan perawatan menjadi 2,54. Dapat dilihat pada tabel 2.1 bahwa nilai

IP pada keadaan sebelum dan sesudah diberi perawatan berada pada kondisi “baik” dengan rentang nilai 1,25-2,0 dan “sangat baik” dengan rentang nilai >2,0.

Pada Bay Trafo 3, nilai IP sebelum dilakukan perawatan sebesar 1,61 dan setelah dilakukan perawatan menjadi 2,6. Dapat dilihat pada tabel 2.1 bahwa nilai IP pada keadaan sebelum dan sesudah diberi perawatan berada pada kondisi “baik” dengan rentang nilai 1,25-2,0 dan “sangat baik” dengan rentang nilai >2,0. Berdasarkan nilai IP pada masing-masing bay diatas dapat kita ketahui bahwa kondisi Trafo 1,2 dan 3 pada GI Cawang aman, dan layak untuk dioperasikan.

Berdasarkan data yang didapatkan dan ditunjukkan seperti gambar 4.13 diatas, didapatkan bahwa kondisi Trafo Tenaga aman dan dapat dilakukan pengoperasian karena nilai berada diatas batas minimum standar.

Akan tetapi, nilai Index Polarisasi yang rendah atau mengalami penurunan mengindikasikan bahwa lilitan mungkin terkontaminasi atau lembab. Selain itu, nilai Index Polarisasi yang rendah juga menandakan bahwa nilai tahanan isolasi pada Trafo juga rendah, hal tersebut dapat terjadi karena pengaruh usia trafo, suhu, lamanya tegangan yang diterapkan pada lilitan, lilitan dalam keadaan kotor/basah, adanya *moisture* pada lilitan, dan lain sebagainya. Akan tetapi, apabila dilihat secara keseluruhan seperti pada gambar 4.13, bahwa nilai Index Polarisasi pada masing-masing Bay Trafo berada pada status baik dan sangat baik.











## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada setiap peralatan utama Gardu Induk di GI Cawang, maka dapat disimpulkan bahwa nilai tahanan isolasi pada masing-masing peralatan utama Gardu Induk di GI Cawang berada diatas nilai minimal ( $>1 \text{ M}\Omega/1 \text{ kV}$ ), sesuai dengan standar IEEE Std 62: 1995, VDE Catalogue 228/4, dan standar yang dipakai PLN dalam “Buku Pedoman Pemeliharaan Sistem Tenaga” tahun 1984, serta “Buku Pedoman Peralatan Gardu Induk” tahun 2014. Nilai tahanan isolasi pada masing-masing peralatan utama Gardu Induk di GI Cawang mengalami kenaikan setelah diberikan perawatan. Perawatan yang dilakukan dapat dilakukan dengan membersihkan *body* peralatan dari material-material asing, dan pengukuran tahanan isolasi yang dilakukan secara periodik.

#### **5.2.Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada setiap peralatan utama (MTU) Gardu Induk di GI Cawang, maka disarankan:

1. Perlu dilakukan inspeksi visual lebih lanjut terhadap peralatan utama Gardu Induk agar dapat mencegah terjadinya gangguan atau penurunan nilai uji tahanan isolasi.
2. Perlu penggantian peralatan utama pada Gardu Induk apabila usia peralatan sudah cukup lama.
3. Perlu dilakukan pengujian sebelum dilakukan perawatan dan pemeliharaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Kuwahara (2004). *Teknik Tenaga Listrik – Jilid 3: Gardu Induk*. PT Pradnya Paramita: Jakarta.
- Bio, Michael. (2003). *Air Insulated Substation – Bus/Switching Configurations*. CRC Press LCC.
- IEEE 43-2000, *IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2000.
- IEEE Std 62-1995, *IEEE Guide for Diagnostic Field Testing of Electric Power Apparatus-Part 1*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 1995.
- Fahnani, Gunara(2010). *Analisis Pengukuran dan Pemeliharaan Transformator Daya Pada Gardu Induk 150 kV Sronдол*. Universitas Diponegoro.
- Kadir, Abdul. (2010). *Transformator*. Penerbit Universitas Indonesia: Jakarta.
- [PLN] Perusahaan Listrik Negara. (2009). *Materi Workshop Operasi dan Pemeliharaan Gardu Induk*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- [PLN] Perusahaan Listrik Negara. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- [PLN] Perusahaan Listrik Negara. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Arus*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- [PLN] Perusahaan Listrik Negara. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tegangan*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- [PLN] Perusahaan Listrik Negara. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga* Jakarta: PT PLN (Persero).
- [PLN] Perusahaan Listrik Negara. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Pemisah*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- [PLN] Perusahaan Listrik Negara. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Lightning Arrester*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- [PLN] Perusahaan Listrik Negara. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan GIS*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- [PLN] Perusahaan Listrik Negara. (1991). *SPLN 8-1: Transformator Tenaga - Umum*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- [PLN] Perusahaan Listrik Negara. (1978). *SPLN 7C: Lightning Arrester*. Jakarta: PT PLN (Persero).

SPLN 69-2:1987. *Standarisasi Peralatan Uji*. Departemen Pertambangan dan Energi, Perusahaan Umum Listrik Negara.

Suryaadmaja, Oktavian. (2015). *Pemeliharaan Pemutus Tenaga (PMT) Menggunakan Media Pemadam Gas SF<sub>6</sub> Di Gardu Induk Ungaran 150 kV APP Semarang Base Camp Semarang*. Universitas Diponegoro.

Tobing, Bonggas L. (2003). *Dasar-Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*. PT Gramedia Pustaka Utama : Jakarta

## **LAMPIRAN 1. ALAT UJI TAHANAN ISOLASI**





**Alat Uji Tahanan Isolasi (Megger Kyoritsu 3125)**

## Specifications

| Range                 | Insulation resistance                      |  |   |   | Voltage measurement                      |
|-----------------------|--|--|---|---|--|
|                       | 500V                                       | 1000V  | 2500V   | 5000V   |  |
| Measuring range       | 0.0~99.9MΩ<br>100~999MΩ                    | 0.0~99.9MΩ<br>100~999MΩ<br>1.00~1.99GΩ                       | 0.0~99.9MΩ<br>100~999MΩ<br>1.00~9.99GΩ<br>10.0~99.9GΩ | 0.0~99.9MΩ<br>100~999MΩ<br>1.00~9.99GΩ<br>10.0~99.9GΩ<br>100~1000GΩ (1TΩ) | AC/DC V<br>30~600V<br>AC/DC<br>(50/60Hz) |
| Accuracy              | ±5% rdg ±3dgt                              | ±5% rdg ±3dgt  | ±5% rdg ±3dgt   | ±5% rdg ±3dgt<br>±20% (100GΩ or more)                                     | ±2% rdg ±3dgt                            |
| Short Circuit Current | 1.3mA approx.                              |  |   |   |  |
| Rated test Current    | 1mA to1.2mA<br>@0.5MΩ load                 | 1mA to1.2mA<br>@1MΩ load                                     | 1mA to1.2mA<br>@2.5MΩ load                            | 1mA to1.2mA<br>@5MΩ load  | —  |
| Open circuit voltage  | 500VDC+30%<br>-0%                          | 1000VDC+20%<br>-0%   | 2500VDC+20%<br>-0%                                    | 5000VDC+20%<br>-0%  | —  |
| Maximum display       | 999 Counts(1000 counts only at 1000GΩ)     |  |   |   | 630 Counts                               |
| Current consumption   | About 1000mA(During measurement)           |  |   |   | 25mA approx.                             |
| Withstand Voltage     | 5320V AC for 5 seconds                     |  |   |   |  |
| Safety standard       | IEC 61010-1 CAT.Ⅲ 600V, pollution Degree 2 |  |   |   |  |
| Power supply          | DC12V : R14 × 8 pcs                        |  |   |   |  |
| Dimensions            | 205(L) × 152(W) × 94(D)mm                  |  |   |   |  |
| Weight                | approx. 1.8kg                              |  |   |   |  |
| Accessories           | LINE PROBE 7165<br>GUARD CORD 7164         | ALKALINE BATTERY SIZE C(LR14×8PCS)<br>HARD CASE : MODEL 9124 | EARTH CORD 7166<br>PICKEL TYPE PROD 8019              | INSTRUCTION MANUAL  |  |

## Optional Accessories

### MODEL 7168

- LINE PROBE WITH ALLIGATOR CLIP : 3000mm



### MODEL 8302

- ADAPTOR FOR RECORDER (OUTPUT 1mV/1μA)  
CONNECTOR SIDE : 200mm  
ALLIGATOR CLIP SIDE : 1100mm



## Polarization Index

Polarization Index is one of the factors to check the condition of insulation.

The polarization Index is defined as the ratio between the resistance value in 10 minutes and the resistance value in 1 minute after switch is on.

Calculation formula :

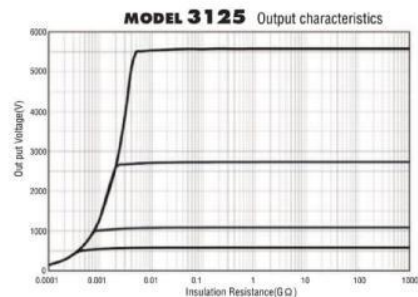
Polarization Index = resistance value in 10 minutes (TIME2) / resistance value in 1 minute (TIME1)

Setting interval is as follows.

TIME1 00:10~59:30 TIME2 00:20~60:00 (Remarks : 00:10 means 10 seconds)

Since polarization Index varies with moisture absorption regardless of the shape or size of insulator, it gives significant criteria to verify the insulation. Following table shows the criteria.

| Polarization index | 4 or more | 4.0~1.5 | 1.5~1.0 | 1.0 or less    |
|--------------------|-----------|---------|---------|----------------|
| Criteria           | Very good | Good    | Dubious | Unsatisfactory |



## Safety Warnings :

Please read the "Safety Warnings" in the instruction manual supplied with the instrument thoroughly and completely for correct use. Failure to follow the safety rules can cause fire, trouble, electrical shock, etc. Therefore, make sure to operate the instrument on a correct power supply and voltage rating marked on each instrument.

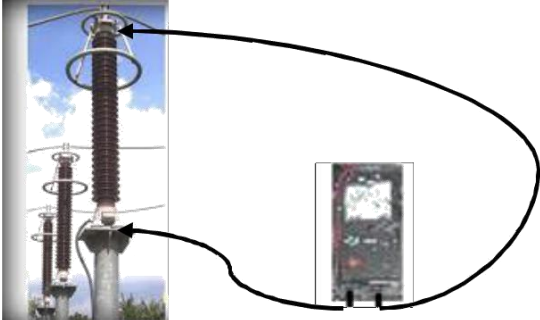
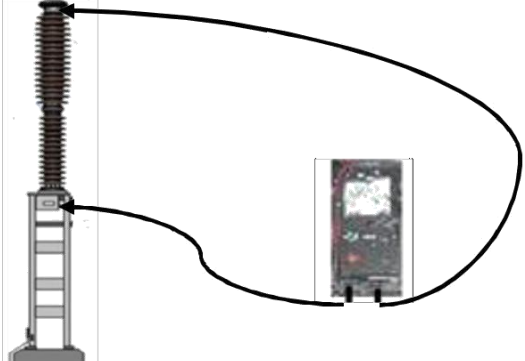
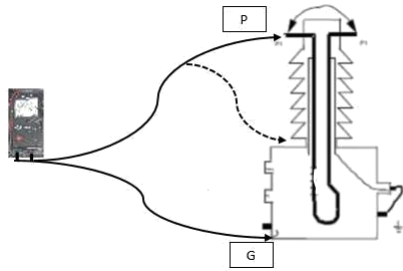
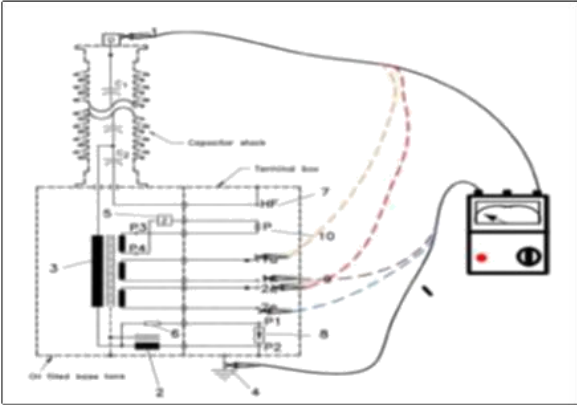
■ For inquires or orders :

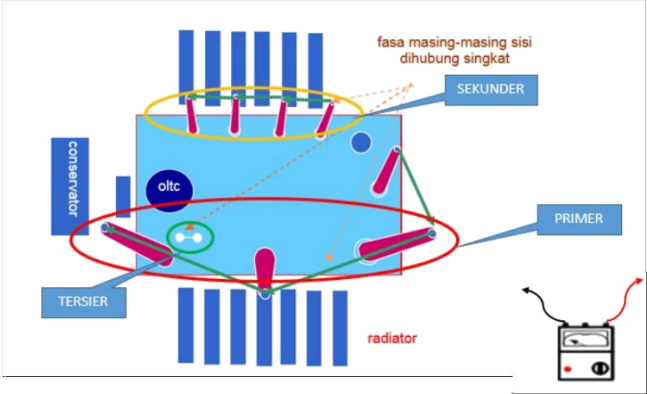


**KYORITSU ELECTRICAL INSTRUMENTS WORKS, LTD.**

No.5-20,Nakane 2-chome, Meguro-ku,  
Tokyo, 152-0031 Japan  
Phone:81-3-3723-0131  
Fax:81-3-3723-0152  
URL:http://www.kew-ltd.co.jp  
E-mail:info@kew-ltd.co.jp  
Factories:Uwajima & Ehime

**LAMPIRAN 2. PENGUKURAN TAHANAN  
ISOLASI PADA MASING-MASING  
KOMPONEN UTAMA GARDU INDUK**

| NO. | NAMA PENGUKURAN                | KOMPONEN   |
|-----|--------------------------------|--|
| 1.  | <i>Lightning Arrester (LA)</i> |    |
| 2.  | Pemutus Tenaga (PMT)           |   |
| 3.  | Trafo Arus (CT)                |  |
| 4.  | Trafo Tegangan (VT)            |  |

| NO. | NAMA<br>PENGUKURAN | KOMPONEN   |
|-----|--------------------|--|
| 5.  | Trafo Tenaga       |  <p>The diagram illustrates the internal components of a power transformer. It features a central core with windings. The top winding is labeled 'SEKUNDER' (Secondary) and is highlighted with a yellow oval. The bottom winding is labeled 'PRIMER' (Primary) and is highlighted with a red oval. A 'conservator' tank is shown on the left side, and a 'radiator' is at the bottom. A central tap changer is labeled 'oltc'. A 'TERSIER' (Tertiary) winding is also indicated. A note states 'fasa masing-masing sisi dihubung singkat' (phases on each side are short-circuited). A battery is connected to the primary winding.</p> |

## **LAMPIRAN 4. SURAT SELESAI PENELITIAN**



**PT PLN (PERSERO)  
TRANSMISI JAWA BAGIAN BARAT  
AREA PELAKSANA PEMELIHARAAN CAWANG**

Jl. Cililitan Besar No. 1 Cawang Cililitan, Jakarta Timur 13640  
Telepon : (021) 8092208

Facsimile : (021) 8091264

**SURAT KETERANGAN**

No : 0006.SKt/SDM.04.09/APP CWNG/2018

PT PLN (Persero) Transmisi Jawa Bagian Barat Area Pemeliharaan Cawang, menerangkan bahwa yang tersebut dibawah ini :

| No. | N a m a        | No.Registrasi | Program Studi  |
|-----|----------------|---------------|----------------|
| 1.  | Novia FidianTI | 5115131462    | Teknik Elektro |

Mahasiswa Universitas Negeri Jakarta, telah menyelesaikan Penelitian di PT PLN (Persero) Transmisi Jawa Bagian Barat Area Pelaksana Pemeliharaan Cawang, Bidang Haset Basecamp Cawang.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 09 Januari 2018

MANAJER,

u.b

PLT. ASMAN ADMINISTRASI DAN UMUM



Tabel 3.1 Nilai Tahanan Isolasi Peralatan Utama GI Cawang

| NO. | BAY              | FASA | LA (M $\Omega$ ) |         | PMT (M $\Omega$ ) |         | CT (M $\Omega$ ) |         | VT (M $\Omega$ )                |                                    | TRAFO (IP)  |   |  |  |
|-----|------------------|------|------------------|---------|-------------------|---------|------------------|---------|---------------------------------|------------------------------------|---|---|--|--|
|     |                  |      | Sebelum          | Sesudah | Sebelum           | Sesudah | Sebelum          | Sesudah | Sebelum                         | Sesudah                            | Sebelum   | Sesudah   |  |  |
| 1.  | TRAFO 1          | R    |                  |         |                   |         |                  |         | Tidak ada<br>VT di Bay<br>Trafo | Tidak ada<br>VT di<br>Bay<br>Trafo |   |   |  |  |
|     |                  | S    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
|     |                  | T    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
| 2.  | TRAFO 2          | R    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
|     |                  | S    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
|     |                  | T    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
| 3.  | TRAFO 3          | R    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
|     |                  | S    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
|     |                  | T    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
| 4.  | DEPOK 1          | R    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    | Trafo<br>hanya ada<br>di Bay<br>Trafo,<br>tidak ada<br>di Bay<br>Penghantar | Trafo<br>hanya ada<br>di Bay<br>Trafo,<br>tidak ada<br>di Bay<br>Penghantar |  |  |
|     |                  | S    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
|     |                  | T    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
| 5.  | DEPOK 2          | R    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
|     |                  | S    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
|     |                  | T    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
| 6.  | CAWANG<br>BARU 1 | R    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
|     |                  | S    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
|     |                  | T    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
| 7.  | CAWANG<br>BARU 2 | R    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
|     |                  | S    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
|     |                  | T    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
| 8.  | SETIABUDI<br>1   | R    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
|     |                  | S    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
|     |                  | T    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
| 9.  | SETIABUDI<br>2   | R    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
|     |                  | S    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |
|     |                  | T    |                  |         |                   |         |                  |         |                                 |                                    |   |   |  |  |





Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Nilai Tahanan Isolasi Peralatan Utama GI Cawang

| NO. | BAY              | FASA | LA (M $\Omega$ ) |         | PMT (M $\Omega$ ) |         | CT (M $\Omega$ ) |         | VT (M $\Omega$ )                |                                 | TRAFO (IP)  |   |
|-----|------------------|------|------------------|---------|-------------------|---------|------------------|---------|---------------------------------|---------------------------------|---|---|
|     |                  |      | Sebelum          | Sesudah | Sebelum           | Sesudah | Sebelum          | Sesudah | Sebelum                         | Sesudah                         | Sebelum   | Sesudah   |
| 1.  | TRAFO 1          | R    | 27500            | 52400   | 6300              | 24000   | 14560            | 24600   | Tidak ada<br>VT di Bay<br>Trafo | Tidak ada<br>VT di Bay<br>Trafo | 1.59  | 2.58  |
|     |                  | S    | 33100            | 80900   | 5800              | 8430    | 4200             | 8480    |                                 |                                 |   |   |
|     |                  | T    | 18900            | 34000   | 10300             | 24300   | 12700            | 24500   |                                 |                                 |   |   |
| 2.  | TRAFO 2          | R    | 33000            | 89600   | 121000            | 241000  | 77600            | 195000  | Tidak ada<br>VT di Bay<br>Trafo | Tidak ada<br>VT di Bay<br>Trafo | 1.58  | 2.54  |
|     |                  | S    | 29000            | 72410   | 98300             | 177000  | 92000            | 155000  |                                 |                                 |   |   |
|     |                  | T    | 24100            | 42000   | 165000            | 407000  | 113000           | 175000  |                                 |                                 |   |   |
| 3.  | TRAFO 3          | R    | 104000           | 172000  | 27800             | 52000   | 145300           | 163000  | Tidak ada<br>VT di Bay<br>Trafo | Tidak ada<br>VT di Bay<br>Trafo | 1.61  | 2.6   |
|     |                  | S    | 141000           | 189000  | 52400             | 81000   | 57900            | 66700   |                                 |                                 |   |   |
|     |                  | T    | 72560            | 126000  | 31270             | 78370   | 62000            | 68900   |                                 |                                 |   |   |
| 4.  | DEPOK 1          | R    | 63000            | 84100   | 23000             | 31900   | 11500            | 14700   | 52800                           | 81500                           | Trafo<br>hanya ada<br>di Bay<br>Trafo,<br>tidak ada<br>di Bay<br>Penghantar | Trafo<br>hanya ada<br>di Bay<br>Trafo,<br>tidak ada<br>di Bay<br>Penghantar |
|     |                  | S    | 12900            | 21100   | 33400             | 41600   | 12700            | 19300   | 71400                           | 99000                           |   |   |
|     |                  | T    | 37400            | 41500   | 67420             | 80200   | 10200            | 14200   | 60200                           | 84100                           |   |   |
| 5.  | DEPOK 2          | R    | 1430             | 10600   | 503000            | 1000000 | 8330             | 12600   | 13470                           | 21000                           |   |   |
|     |                  | S    | 7700             | 11500   | 390000            | 547000  | 11200            | 13300   | 29100                           | 49200                           |   |   |
|     |                  | T    | 2900             | 4400    | 270000            | 416000  | 14700            | 19900   | 66900                           | 78000                           |   |   |
| 6.  | CAWANG<br>BARU 1 | R    | 67900            | 85000   | 23800             | 38000   | 84000            | 100000  | 73700                           | 100000                          |   |   |
|     |                  | S    | 55300            | 65000   | 31400             | 40000   | 61600            | 85000   | 47280                           | 81100                           |   |   |
|     |                  | T    | 61000            | 70000   | 27410             | 33000   | 50400            | 83000   | 63700                           | 92000                           |   |   |
| 7.  | CAWANG<br>BARU 2 | R    | 23000            | 49700   | 104000            | 225000  | 24700            | 69000   | 628000                          | 1000000                         |   |   |
|     |                  | S    | 59800            | 72000   | 152000            | 413000  | 38500            | 90000   | 334000                          | 756000                          |   |   |
|     |                  | T    | 9800             | 21400   | 87000             | 107000  | 46200            | 95000   | 551000                          | 1000000                         |   |   |
| 8.  | SETIABUDI<br>1   | R    | 87400            | 143000  | 298000            | 467000  | 57500            | 77000   | 98420                           | 159000                          |   |   |
|     |                  | S    | 155000           | 317000  | 281000            | 419000  | 73400            | 89900   | 87600                           | 103700                          |   |   |
|     |                  | T    | 201000           | 298000  | 332000            | 1000000 | 82000            | 96000   | 93000                           | 128000                          |   |   |
| 9.  | SETIABUDI<br>2   | R    | 59000            | 81000   | 27000             | 49900   | 18800            | 54900   | 62000                           | 98000                           |   |   |
|     |                  | S    | 48000            | 79340   | 44000             | 58400   | 31300            | 66500   | 72000                           | 112000                          |   |   |
|     |                  | T    | 98210            | 118000  | 52700             | 60800   | 77000            | 85400   | 51000                           | 81400                           |   |   |

