*Jurnal Nasional Teknologi Komputer*
*Vol.5; No: 3; Juli 2025*
*Website: publikasi.hawari.id/index.php/jnastek*
*E-ISSN: 2808-4845; P-ISSN: 2808-7801*

# Analisis Pengujian Pemutus Tenaga (PMT) 150 KV Bay Penghantar Tanjung Pura di Gardu Induk Pangkalan Brandan

**Tanzil Al Malik[1], Zuraidah Tharo[2], Haris Gunawan[3]**

[1,2,3]Teknik Elektro, Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi
[1]tanzilalmalik@gmail.com, [2]zuraidahtharo@dosen.pancabudi.ac.id, [3]harisgunawan@dosen.pancabudi.ac.id

Corresponding Author: Zuraidah Tharo

## ABSTRACT

The reliability of electric power transmission systems is significantly influenced by the performance of circuit breakers (PMTs). This study analyzes the results of biennial preventive maintenance (2022 and 2024) on the 150 kV Tanjung Pura Line Bay Circuit Breaker at Pangkalan Brandan Substation, focusing on insulation resistance, contact resistance, opening-closing time, and contact synchronization. Testing was conducted offline (shutdown measurement/function check) using the Kyoritsu 3125 (5 kV) insulation tester and ISA CBA-2000 / Megger breaker analyzer, and evaluated against the standards of SPLN No. 52-1:1984/1983, KEPDIR 0520-2.K/DIR/2014, and manufacturer references (R ≤ 120% FAT/manufacturer value; operation time ≤ 120 ms for 150 kV systems).
The results show that insulation resistance was far above the minimum threshold (1 kV = 1 MΩ). In 2022, it reached 315–428 GΩ (≈ 62,600–85,600 MΩ/kV), while in 2024, it was 181–190 GΩ (≈ 36,200–38,000 MΩ/kV). The reduction in 2024 remained within safe limits and is attributed to differences in measuring equipment and insulator condition. Contact resistance ranged from 36.0–38.7 μΩ (2022 & 2024), well within the < 40 μΩ threshold and below the 120% limit, while power loss due to contact resistance increased from 0.13–0.139 W (2022) to 0.435–0.468 W (2024) due to load current growth. Opening time ranged from 37.3–38.9 ms, and closing time from 68.2–72.6 ms, both complying with the ≤ 120 ms standard. Contact synchronization (Δt) also met requirements: 0.3–0.8 ms (open) and 3–3.4 ms (close), below the 10 ms maximum.
In conclusion, the 150 kV Tanjung Pura Bay Circuit Breaker is operationally sound and meets all required protective and operational standards. Key recommendations include periodic calibration of test instruments, pre-cleaning of insulators, strict compliance with SOPs and safety standards, and improved coordination among personnel to ensure test consistency and operational safety in future maintenance.

***Keywords:*** 150 kV Circuit Breaker, insulation resistance, contact resistance, opening-closing time, contact synchronization, SPLN 52-1, ISA CBA-2000, Kyoritsu 3125.

## ABSTRAK

Keandalan penyaluran energi listrik pada sistem transmisi sangat ditentukan oleh performa peralatan pemutus tenaga (PMT). Penelitian ini menganalisis hasil pemeliharaan preventif dua tahunan (tahun 2022 dan 2024) pada PMT 150 kV Bay Penghantar Tanjung Pura di Gardu Induk Pangkalan Brandan, dengan fokus pada uji tahanan isolasi, tahanan kontak, waktu buka–tutup, dan keserempakan pergerakan kontak. Pengujian dilaksanakan offline (shutdown measurement/function check) menggunakan insulation tester Kyoritsu 3125 (5 kV) dan ISA CBA-2000 / Megger breaker analyzer, serta dievaluasi terhadap standar SPLN No. 52-1:1984/1983, KEPDIR 0520-2.K/DIR/2014, dan acuan pabrikan (R ≤ 120% nilai FAT/pabrikan; waktu operasi ≤ 120 ms untuk sistem 150 kV). Hasil menunjukkan tahanan isolasi berada jauh di atas batas minimum (acuan 1 kV = 1 MΩ). Pada 2022 tercatat 315–428 GΩ (≈ 62.600–85.600 MΩ/kV), sedangkan 2024 181–190 GΩ (≈ 36.200–38.000 MΩ/kV). Penurunan nilai 2024 masih dalam batas aman dan dikaitkan dengan perbedaan alat ukur serta kondisi isolator. Tahanan kontak berada pada 36,0–38,7 μΩ (2022 & 2024), masih < 40 μΩ dan memenuhi kriteria ≤ 120% nilai acuan, dengan rugi daya akibat tahanan kontak naik dari sekitar 0,13–0,139 W (2022) menjadi 0,435–0,468 W (2024) seiring kenaikan arus beban. Waktu buka tercatat 37,3–38,9 ms dan waktu tutup 68,2–72,6 ms, keduanya memenuhi batas ≤ 120 ms. Keserempakan kontak (Δt) juga memenuhi standar, yakni 0,3–0,8 ms (open) dan 3–3,4 ms (close), di bawah ambang 10 ms. Kesimpulannya, PMT 150 kV Bay Tanjung Pura masih layak operasi dan memenuhi seluruh kriteria standar proteksi dan operasi yang berlaku. Rekomendasi utama meliputi kalibrasi

**Lisensi**
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

berkala alat uji, pembersihan isolator sebelum pengujian, kepatuhan ketat terhadap IK dan standar K3, serta koordinasi antarpersonel untuk memastikan keselamatan dan konsistensi hasil uji pada pemeliharaan berikutnya.

**Kata kunci**: Pemutus Tenaga (PMT) 150 kV, tahanan isolasi, tahanan kontak, waktu buka–tutup, keserempakan kontak, SPLN 52-1, ISA CBA-2000, Kyoritsu 3125.

## 1. Pendahuluan

Energi listrik telah menjadi kebutuhan primer bagi seluruh masyarakat, karena hampir dari seluruh aktivitas memerlukan energi listrik. PT.PLN sebagai perusahaan yang menyediakan energi listrik bagi masyarakat Indonesia selalu memberikan pelayanan terbaik untuk menyalurkan energi listrik secara terus – menerus kepada setiap pelanggannya [1]. Di dalam penyaluran energi listrik diperlukan kontinuitas pelayanan dan keandalan yang baik agar listrik tersalurkan hingga konsumen [2], [3], [4], [5].

Salah satu komponen yang penting dalam menjaga kontunuitas penyaluran energy listrik adalah Gardu Induk [6], [7], [8]. Keandalan suatu gardu induk didukung degan kondisi dari peralatan-perlatan yang terdapat di gardu induk tersebut [9]. Untuk mendukung keandalan perlatan tersebut diperlukan sistem pemeliharaan terhadap kelayakan suatu peralatan dalam melakukan fungsinya [10]. Salah satu peratalan yang terpenting adalah pemutus tenaga (PMT). PMT merupakan saklar yang dapat digunakan untuk menghubungkan dan memutuskan arus dalam keadaan berbeban karena dilengkapi dengan peredam busur api.

Pemutus tenaga (PMT) mampu mengalirkan dan memutus arus beban dalam keadaan normal maupun dalam keadaan abnormal atau gangguan sesuai dengan ratingnya. PMT akan bekerja saat terjadi gangguan, PMT akan membuka (*open*) saat terjadi gangguan hubung singkat atau beban lebih pada sistem transmisi di gardu induk. Apabila PMT tidak bekerja saat terjadi gangguan, maka akan berdampak terhadap rusaknya peralatan peralatan lain. Dengan adanya kerusakan pada PMT dapat menghambat proses pelayanan pada pelanggan dan terganggunya sistem proteksi pada gardu induk. Oleh karena itu, diharuskan adanya perawatan rutin secara berkala agar peralatan listrik dapat bekerja lebih handal dan kontinuitas tanpa adanya anomali [11], [12].

PT PLN (persero) ULTG Binjai merupakan salah satu unit yang memiliki tugas berupa pemeliharaan pada sistem penyaluran transmisi. Pemeliharaan yang dilakukan adalah pemeliharaan perlatan peralatan gardu induk. Salah satunya pemeliharaan pemutus tenaga (PMT) 150 kV. Pemeliharaan yang dilakukan adalah inspeksi level 1 yaitu pemeliharan dengan visual , inspeksi level 2 yaitu menggunakan alat ukur, dan inspeksi level 3 yaitu pemeliharaan yang dilakukan dengan pemadaman. Dengan demikian penulis memilih judul " Analisa Hasil Pemeliharaan Pemutus Tenaga (PMT) 150 kV Bay Penghantar Tanjung Pura di Gardu Induk Pangkalan Brandan".

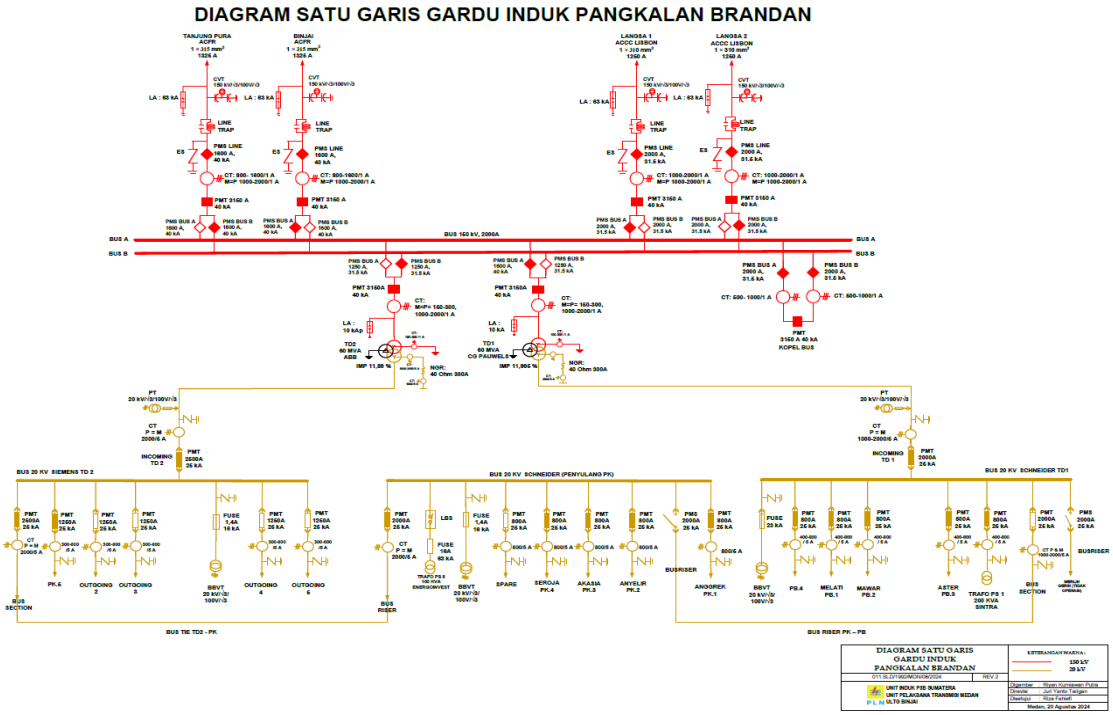
## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Gardu Induk Pangkalan Brandan

Gardu Induk Pangkalan Brandan terletak di Kabupaten Langkat, Sumatera Utara. Pada Gardu Induk Pangkalan Brandan terdapat dua jenis transformator daya dengan kapasitas daya 60 MVA tegangan kerja 150/20 kV dan memiliki 4 Bay Penghantar 150 kV yaitu Bay Penghantar Tanjung Pura, Bay Penghantar Binjai, Bay Penghantar Langsa 1 dan Langsa 2.

**Lisensi**
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

` Berikut merupakan single line diagram di gardu induk Pangkalan Brandan:




Gambar 1. Single line diagram

## 2.2 Data Pemutus Tenaga (PMT) 150 kV

### 2.2.1 Tempat dan Tanggal Pengambilan Data

Tempat pengamatan objek dan pengambilan dilakukan di PT.PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Binjai. Data – data beban diambil dengan melakukan pemeliharaan pemutus tenaga (PMT) 150 kV Bay Penghantar Tanjung Pura di GI Pangkalan Brandan.

### 2.2.2 Spesifikasi Pemutus Tenaga (PMT) 150 kV

Gambar 2. Pemutus Tenaga (PMT)

Buatan : India
Merk : ABB

**Lisensi**
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Serial Id : 400 00 307
Jenis : Single Pole
Fasa : RST (3 Fasa)
Pasangan : Outdoor
Mekanik Penggerak : Pegas / *Spring*
Media Pemadam : SF6
Tegangan Operasi : 150 kV
Rating Arus : 3150

Table 1. Peralatan Yang digunakan dalam Pengujian

| No | Nama Peralatan | Pengujian |
|---|---|---|
| 1 | Insulation Tester Merk Kyoritsu Model 3125.S | Tahanan Isolasi |
| 2 | Contact Resistance merk Omicorn | Tahanan Kontak |
| 3 | Breaker Analyzer Merk Megger | Waktu Buka Tutup PMT dan Keserempakan |

1. Alat Pengukuran Tahanan Isolasi

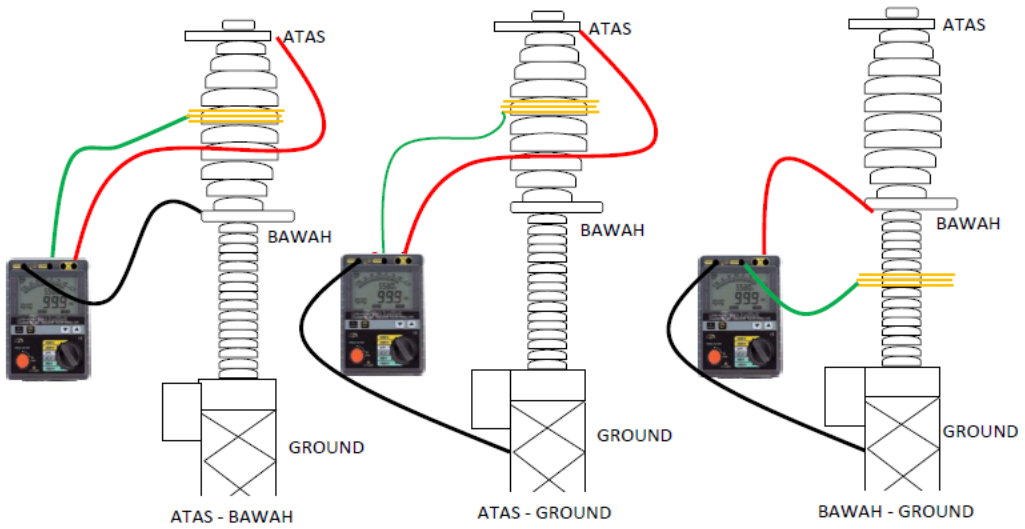
Alat ukur yang digunakan pada pengujian tahanan isolasi adalah insulation tester Kyoritsu Model 3125. Alat ukur tahanan isolasi ini bisa menginjeksi tegangan hingga 5000 Volt dengan rentang pengukuran hingga 1000 GΩ. Alat ukur ini digunkan ketika melakukan pengujian pemutus tenaga (PMT) 150 kV Bay Penghantar Tanjung Pura di GI Pangkalan Brandan.

Gambar 3. Alat Uji Tahanan Isolasi Kyoritsu Model 3125

Keterangan pada gambar :

1. Alat Uji Tahanan Isolasi Kyoritsu Model 3125
2. Kabel Merah dari alat ukur terminal line
3. Kabel Hitam dari alat ukur terminal ground
4. Kabel hijau dari alat ukur terminal guard
5. Tombol “Time Set”
6. Tombol “Press To Test”
7. Switch Pemilihan Tegangan

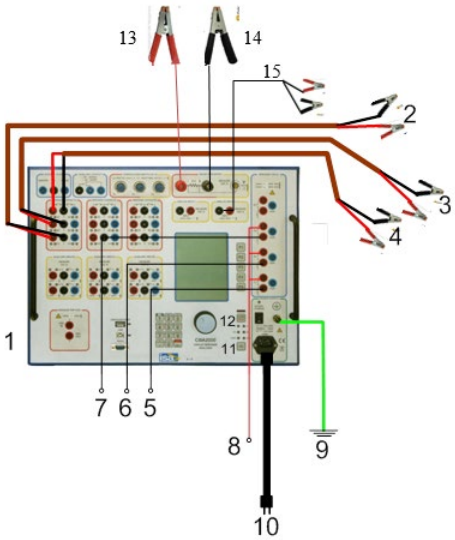
**Lisensi**
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.




Gambar 4. Rangkaian Pengujian Tahanan Isolasi Pemutus Tenaga 150 kV

2. Alat Pengukuran Tahanan Kontak dan Waktu Buka Tutup PMT

Isa *Circuit Breaker Analyzer* (CBA) 2000 adalah alat ukur yang digunakan untuk melakukan pengujian pada pemutus tenaga (PMT). Pada Alat ukur CBA 2000 terdapat beberapa mode pengujian yang dapat dilakukan diantarnya Isa CBA 2000 dapat melakukan pengukuran tahanan kontak dan waktu buka tutup pmt. Pengukuran tahanan kontak yang dilakukan menggunakan satuan mikro ohm sedangkan untuk pengukuran waktu buka tutup PMT menggunakan satuan mili detik. Pengukuran tahanan kontak dilakukan pada posisi PMT tutup.



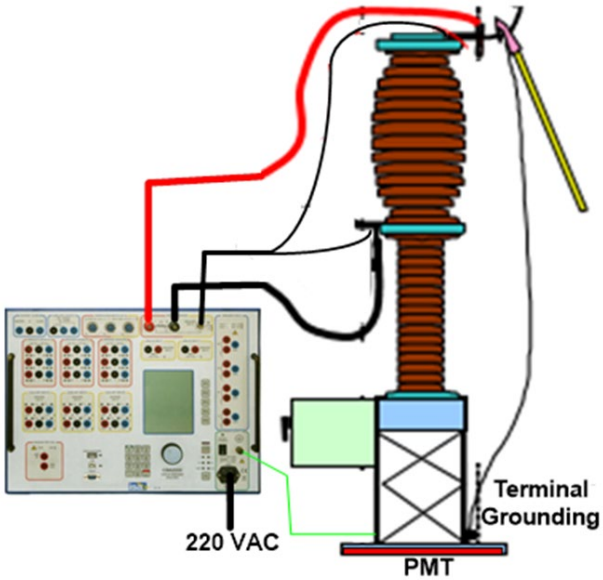

Gambar 5. Bagian Bagian Isa CBA 2000

Keterangan Pada Gambar :

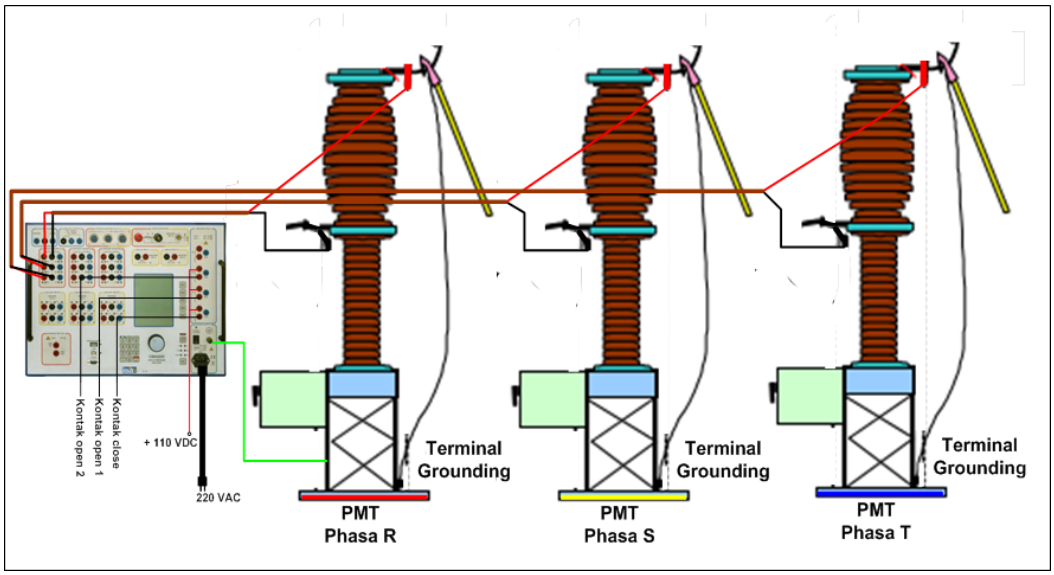
1. Alat Uji CBA 2000
2. Terminal Pemutus kontak dan kabel kontak untuk input sensing waktu dari alat PMT Fasa R
3. Terminal Pemutus kontak dan kabel kontak untuk input sensing waktu dari alat PMT Fasa S
4. Terminal Pemutus kontak dan kabel kontak untuk input sensing waktu dari alat PMT Fasa T
5. Terminal dan kabel hitam suplai + 110 VDC ke kontak close PMT

**Lisensi**
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

6. Terminal dan kabel hitam suplai + 110 VDC ke kontak Open 1 PMT
7. Terminal dan kabel hitam suplai + 110 VDC ke kontak Open 2 PMT
8. Terminal dan kabel merah untuk input + 110 VDC (Block Breaker Coils)
9. Terminal dan kabel hijau strip kuning untuk grounding peralatan
10. Terminal dan kabel popwer suplai 220 VAC
11. Keypad Menu pilihan Open / Close
12. Keypad Mode Start / Stop
13. Terminal dan Kabel Merah besar untuk input arus dari alat ukur
14. Terminal dan Kabel Hitam besar untuk input arus dari alat ukur
15. Terminal dan Kabel hitam kecil untuk sensing Nilai Tahanan Kontak




Gambar 6. Rangkaian Pengujian Tahanan Kontak Pemutus Tenaga (PMT)




Gambar 7. Rangkaian Pengujian Waktu Buka Tutup PMT

**Lisensi**
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

### 2.3 Prosedur Pekerjaan

#### 2.3.1 Prosedur Pengukuran Tahanan Isolasi pemutus tenaga (PMT)

1. Siapkan kondisi alat dan kondisi cuaca bahwa keadaan aman untuk melakukan pemeliharaan
2. Rangkai alat uji tahanan isolasi Kyoritsu 3125
a. Masukan kabel merah ke terminal line
b. Kabel hitam ke terminal earth
c. Kabel hijau ke terminal guard (sebagai garounding)
3. Cek batere dengan cara putar selector switch ke arah tegangan manapun dan lihat indicator batere di sebelah kiri atas LCD alat uji
4. Pengukuran tahanan isolasi PMT terminal atas – bawah (kondisi PMT buka)
a. Hubungkan kabel dari alat ukur terminal LINE ke terminal PMT Bagian Atas
b. Hubungkan kabel dari alat ukur terminal EARTH ke terminal PMT Bagian Bawah
c. Lilitkan Guard Wire ke Body Isolator PMT
5. Pengukuran tahanan isolasi PMT terminal atas – ground (kondisi PMT buka)
a. Hubungkan kabel dari alat ukur terminal LINE ke terminal PMT Bagian Atas
b. Hubungkan kabel dari alat ukur terminal EARTH ke ground
c. Lilitkan Guard Wire ke Body Isolator PMT
6. Pengukuran tahanan isolasi PMT terminal bawah – ground (kondisi PMT buka)
a. Hubungkan kabel dari alat ukur terminal LINE ke terminal PMT Bagian bawah
b. Hubungkan kabel dari alat ukur terminal EARTH ke ground
c. Lilitkan Guard Wire ke Body Isolator PMT
7. Putar switch dari OFF dan pilih tegangan 5000 V untuk pengujian tahanan isolasi PMT
8. Pilih "TIME SET" button 1 kali untuk waktu pengukuran 1 menit
9. Hidupkan alat ukur dengan cara Tekan lalu putar ke kanan tombol "PRESS TO TEST" dan tunggu selama 1 menit
10. Catat hasil pengukuran di Form Pemeliharaan yang telah disiapkan

#### 2.3.2. Prosedur Pengukuran Tahanan Kontak Pemutus Tenaga (PMT)

1. Siapkan kondisi alat dan kondisi cuaca bahwa keadaan aman untuk melakukan pemeliharaan
2. Rangkai alat uji tahanan kontak ISA CBA 2000
a. Pasangkan kabel pentanahan alat uji dan tanahkan
b. Pasangkan kabel power supplai
c. Pasangkan kabel arus diterminal merah dan hitam diblok input arus Micro Ohm meter
d. Pasangkan kabel sensing pada terminal measure CAT III
3. Tanahkan PMT pada salah satu sisi dan PMT dalam keadaan posisi tertutup
4. Pengukuran tahanan kontak dilakukan setiap fasa dan pastikan kondisi PMT dalam keadaan tutup.
5. Pasang kabel injeksi arus dari port kabel merah Besar dan Sensing Warna Merah dari port kabel hitam kecil dari peralatan uji ke terminal bagian atas PMT
6. Pasang kabel injeksi arus dari port kabel hitam Besar dan Sensing Warna Hitam dari port kabel hitam kecil dari peralatan uji ke terminal bagian bawah PMT
7. Nyalakan alat uji dan Tekan Selector "Switch Pemilihan Mode Kerja", pilih menu micro ohm meter . kemudian Pilih static pada menu static and dynamic resistance.
8. Pilih arus pengujian yang akan digunakan 100 A atau 200 A pada menu test current dan Pilih 200 μΩ pada mode range hasil

**Lisensi**
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

9. Pilih single test pada menu test mode dan Tekan keypad START untuk memulai pengujian
10. Hasil tes akan tampil setelah beberapa detik, kemudian akan tersimpan lalu bisa dicetak/print serta melanjutkan ke tes berikutnya

**2.3.3. Prosedur Pengukuran Tahanan Kontak Pemutus Tenaga (PMT)**

1. Pastikan kondisi alat dan kondisi cuaca bahwa keadaan aman untuk melakukan pemeliharaan
2. Rangkai alat uji keserempakan kontak CBA 2000
   a. Pasangkan kabel pentanahan alat uji dan ditanahkan
   b. Pasangkan kabel power suplai
   c. Pasangkan kabel output breaker contacts diterminal merah dan hitam pada terminal untuk input sensing waktu dari alat PMT fasa R
   d. Pasangkan kabel output breaker contacts diterminal merah dan hitam pada terminal untuk input sensing waktu dari alat PMT fasa S
   e. Pasangkan kabel output breaker contacts diterminal merah dan hitam pada terminal untuk input sensing waktu dari alat PMT fasa T
   f. Pasangkan Kabel Merah Standby +110 VDC Pada Port Merah di Blok "BREAKER COILS". C untuk CLOSE, O1 untuk Open 1, O2 untuk Open 2.
   g. Pasangkan Kabel Hitam pada output port C, O1, O2
   h. Hubungkan Kabel Output C ke Koil CLOSE, O1 ke Koil Open1, O2 ke koil Open2 pada PMT
3. Tanahkan PMT pada paling tidak di salah satu sisinya dan PMT dalam kondisi tertutup
4. Rangkaian Pengukuran Keserempakan kontak PMT dengan menghubungkan Kabel output BREAKER CONTACTS, Kabel Merah pada Terminal Atas dan Kabel Hitam pada Terminal Bawah PMT pada setiap fasa R S T
5. Pengukuran waktu close pemutus tenaga (PMT)
   a. Nyalakan alat uji
   b. Tekan keypad sel untuk menu CLOSE/OPEN pilih CLOSE dengan ditandai lampu menyala pada panel alat uji
   c. Tekan keypad start dan lihat hasil uji pada display
6. Pengukuran waktu open pemutus tenaga (PMT)
   a. Nyalakan alat uji
   b. Tekan keypad sel untuk menu CLOSE/OPEN pilih OPEN dengan ditandai lampu menyala pada panel alat uji
   c. Tekan keypad start dan lihat hasil uji pada display
7. Catat hasil pengukuran di Form Pemeliharaan yang telah disiapkan

**Lisensi**
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

## 3. Hasil

Pada pembahasan laporan akhir ini, penulis akan mengevaluasi mengenai kinerja Pemutus Tenaga (PMT) 150 kV berdasarkan hasil pengujian tahanan isolasi, pengujian tahanan kontak dan pengujian keserempakan pergerakan kontak yang didapat dari pemeliharaan *preventive* dua tahunan periode 2022 dan 2024 PMT 150 kV bay Tanjung Pura Gardu Induk Pangkalan Brandan. Untuk dapat memulai pembahasan ini, dibutuhkan data – data hasil pengukuran dari pengujian tahanan isolasi, tahanan kontak dan keserempakan pergerakan kontak PMT .

**A. Tahanan Isolasi**

1. Data Pengujian Tahanan Isolasi

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Tahanan Isolasi

| Tahun | Titk Ukur | Fasa PMT 150 kV | | |
|---|---|---|---|---|
| | | R(MΩ) | S(MΩ) | T(MΩ) |
| 2022 | Atas – *Ground* | - | - | - |
| | Bawah – *Ground* | 315000 MΩ | 428000 MΩ | 313000 MΩ |
| | Atas - Bawah | - | - | - |
| 2024 | Atas – *Ground* | - | - | - |
| | Bawah – *Ground* | 181000 MΩ | 186000 MΩ | 190000 MΩ |
| | Atas – Bawah | - | - | - |

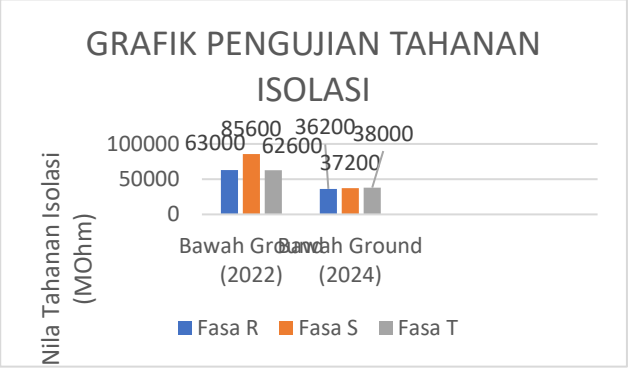
2. Perhitungan Kemampuan Tahanan Isolasi

Batasan tahanan isolasi Pemutus Tenaga (PMT) sesuai buku pemeliharaan peralatan SE.032/PST/1984 dan menurut VDE (*catalogue* 228/4) nilai minimum pada tahanan isolasi yaitu "1 kilo Volt = 1 MΩ (Mega Ohm)".

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kemampuan Isolasi PMT

| Tahun | Titk Ukur | FASA PMT 150 kV | | |
|---|---|---|---|---|
| | | R (MΩ/kV) | S (MΩ/kV) | T(MΩ/kV) |
| 2022 | Atas – *Ground* | - | - | - |
| | Bawah – *Ground* | 63000 | 85600 | 62600 |
| | Atas – Bawah | - | - | - |
| 2024 | Atas – *Ground* | - | - | - |
| | Bawah – *Ground* | 36200 | 37200 | 38000 |
| | Atas – Bawah | - | - | - |

**Lisensi**
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.




Gambar 8. Grafik Pengukur Tahanan Isolasi PMT 150 KV Tahun 2022

3. Analisis Kinerja Pemutus Tenaga Berdasarkan Hasil Uji Tahanan Isolasi

Berdasarkan hasil pengujian pemutus tenaga 150 kV pada tahun 2022 dan tahun 2024 didapatkan hasil pada tabel 4.1 dimana nilai tahanan isolasi memiliki nilai yang berbeda.. Untuk standar nilai tahanan isolasi yang diberlakukan di PT PLN (PERSERO) menurut KEPDIR 0520-2.K.DIR 2014 (Buku Pedoman Pemutus Tenaga Final) " 1 kV = 1 MΩ". Pada Peralatan PMT 150 kV maka standarnya adalah 150 MΩ karena tegangan kerja sebesar 150 kV. Nilai tahanan isolasi bawah - ground terendah pada tahun 2022 adalah 62600 MΩ dan nilai tertinggi 85600 MΩ menggunakan alat ukur kyoritsu dengan nilai inject tegangan sebesar 5 Kv.. Hasil Dari pengujian tahun 2022 melebihi nilai standarnya. Maka Nilai tahanan isolasi PMT masih bernilai diatas standar.

Hasil pengujian tahanan isolasi atas – ground pada PMT 150 kV pada tahun 2024 nilai terendah yang didapatkan adalah sebesar 36200 MΩ dan nilai tertingginya ialah 38000 MΩ menggunakan alat ukur Tentech dengan inject tegangan 5 kV. Nilai tersebut melebihi dari nilai standar yang berlaku. Perbedaan pada tahun 2022 dan 2024 sangat jauh, nilai isolasi pada tahun 2022 bernilai lebih besar dari pada tahun 2024. Nilai tahanan isolasi yang didapat pada tahun 2024 mengalami penurunan nilai hasil uji dikarenakan penggunaan alat uji yang berbeda, Alat uji yang digunakan di tahun 2024 merupakan alat uji baru dengan tingkat akurat dan sesitifitas yang masih baik dibanding alat uji yang digunakan pada tahun 2012. Selain itu, perbedaan nilai tahanan isolasi dipengaruhi oleh kondisi masing masing isolator. Jika pada isolator terdapat banyak kotoran atau basah maka akan mengurangi kemampuan dari isolasinya. Walaupun nilai yang didapat berbeda, semua nilai uji tahanan isolasi melebihi nilai standar yang berarti isolasi pada PMT 150 kV Bay Tanjung Pura GI Pangkalan Brandan masih layak untuk digunakan.

4. Analisis Kinerja Pemutus Tenaga Berdasarkan Hasil Uji Tahanan Kontak

Berdasarkan pada standar yang digunakan untuk tahanan kontak PMT 150 Kv di SK DIR 520 yaitu R ≤ 120 % nilai pabrikan atau nilai pengujian. PMT 150 Kv Bay Tanjung Pura menggunakan merek ABB dengan tipe LTB 170 dengan standar nilai tahanan kontak kurang dari 40 μΩ. Pada pengukuran tahanan kontak tahun 2022 nilai terendah adalah 36,2 μΩ di fasa R dan nilai tertinggi terdapat pada fasa T dengan nilai tahanan kontak sebesar 38,7 μΩ. Nilai hasil pengujian pada tahun 2022 sangat baik dikarenakan sesuai dengan standar. Sedangkan pengukuran yang dilakukan pada tahun 2024, nilai tahanan kontak terkecil berada pada fasa T 36 μΩ dan nilai terbesar di fasa S sebesar 38,7 μΩ. Nilai tahanan kontak di tahun 2024 masih sangat baik juga. Nilai pengujian tidak ada perubahan yang sangat signifikan yang berarti PMT 150 KV yang beroperasi masih dalam keadaan sangat baik karena tidak ada penurunan hasil uji. Pengaruh nilai tahanan kontak yang tinggi pada PMT 150 kV dapat menimbulkan busur api dan panas yang berlebih sehingga dapat merusak kontak PMT 150 Kv. Nilai yang diatas standar dilakukan perbaikan dengan pembersihan terminal klem dari debu, korosif atau cat,

**Lisensi**
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

dan setting pengaturan dari letak kontak kontak PMT 150 KV. Apabila nilai tahanan kontak masih di atas standar maka perlu dilakukan penggantian PMT 150 Kv.

Berdasarkan data nilai tahanan kontak yang diukur maka menyebabkan rugi rugi daya yang dapat dihitung dengan hasil perhitungan tabel 4. 5. Nilai rugi rugi daya pada tahun 2022 Fasa R 0,13Watt, Fasa S 0,132 Watt, Fasa T 0,139 Watt. Pada tahun 2024 Fasa R 0,445 Watt, Fasa S 0,468 Watt, dan Fasa T 0,435 Watt.. Semakin besar rugi daya maka akan semakin besar juga energy listrik yang hilang. Arus yang mengalir pada PMT mempengaruhi nilai rugi daya, semakin besar arus yang mengalir maka semakin besar nilai rugi daya. Setiap tahun pada setiap pemutus tenaga bisa mengalami penurunan nilai tahanan atau mengalami kenaikan nilai tahanan.

5. Analisis Kinerja Pemutus Tenaga Berdasarkan Hasil Uji Waktu Buka, Waktu Tutup, dan Keserempakan PMT 150 kV

Berdasarkan standar yang berlaku pada SPLN NO 52-1 1983 untuk sistem kerja 150 kv waktu clearimg time close adalah maksimum sebesar 120 mili detik. Clearing time open PMT 150 KV adalah sebesar 35 – 38 ms. Pada pengujian nilai buka dan tutup PMT 150 KV tahun 2022 dan tahun 2024 didapatkan untuk nilai buka kontak lebih cepat dari nilai tutup kontak. Hal ini disebabkan ketika PMT 150 Kv membuka diberlukan waktu yang cepat karena masih terdapat beban yang bisa menimbulkan busur api yang besar. Pada saat kondisi gangguan PMT harus lebih cepat untuk membuka kontak PMT karena PMT merupakan pengaman pertama pada sistem 150 kV untuk mencegah dan mengantisipasi gangguan meluas yang akan merusak peralatan yang lain.

Pada tahun 2022 nilai tertinggi buka kontak adalah 37,6 ms dan nilai terendah buka kontak sebesar 37,3 ms. Sedangkan pada nilai tutup kontak tertinggi adalah 71,2 ms dan nilai tutup terendah berada di 68,2 ms. Nilai buka dan tutup kontak pada tahun 2022 masih berada di bawah standar yang ditetapkan dan bekerja dalam kondisi baik. Untuk tahun 2024, nilai tutup kontak tertinggi sebesar 69,2 ms dan tutup kontak terendah yaitu 72,6 ms di fasa R. Sedangkan untuk waktu buka nilai tertinggi adalah 38,9 ms pada fasa R. Nilai terendah dalam waktu buka di fasa T sebesar 38,1 ms. Hasil pengukuran nilai waktu buka dan tutup PMT 150 Kv pada tahun 2024 masih berada dalam kondisi baik dan sesuai standar.

Untuk hasil keserempakan dapat dilihat dari hasil pengujian waktu buka (open) dan waktu tutup (close) PMT bay Tanjung Pura yaitu pada tahun 2022 delta t ($\Delta t$) waktu buka adalah 0,3 ms dan delta t ($\Delta t$) waktu tutup adalah 3 ms. Sedangkan pada tahun 2024 delta t ($\Delta t$) waktu buka adalah 0,8 ms dan delta t ($\Delta t$) waktu tutup 3,4 ms. Dari perhitungan tersebut didapatkan hasil kondisi keserempakan kontak PMT yang telah uji masih dalam keadaan normal dan baik. Keseramapakan waktu yang terlalu lama akan mengakibatkan adanya lonjakkan arus maupun tegangan pada fasa lainnya akan menyebabkan rusaknya peralatan lain dan bisa mengakibatkan relay proteksi mendeteksi gangguan serta mentripkan PMT 150 kV.

## 4. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil dari pemeliharaan PMT 150 KV Bay Tanjung Pura GI Pangkalan Brandan dengan perhitungan dan analisa dapat disimpulkan bahwa :
2. Pengujian tahanan isolasi pada PMT 150 KV GI Pangkalan Brandan dilakukan pada periode 2 tahunan untuk mengetahui nilai resistansi dari isolator yang digunakan di PMT 150 KV dengan standar isolasi 1 KV adalah 1 Mohm. Nilai hasil pengujian yang dilakukan pada periode 2022 dan 2024 memiliki nilai yang berbeda tetapi hasil pengukuran telah sesuai dengan standar. Adapun hasil yang terjadi diakibatkan karena penggunaan alat ukur yang berbeda pada setiap periodenya..

**Lisensi**
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

3. Pengujian tahanan kontak pada PMT 150 KV dilakukan pada periode 2 tahunan untuk mengetahui nilai resistansi kontak yang disebabkan oleh celah pada kontak PMT 150 KV. Nilai tahanan kontak berpengaruh terhadap rugi rugi daya yang diakibatkan oleh panas yang berlebih karena terdapat celah pada kontak PMT 150 KV. Pada pemeliharaan periode 2022 dan periode 2024 nilai tahanan kontak sangat baik. Sehingga tidak ada penurunan hasil uji tahanan kontak dari tahun 2022 ke 2024. Dapat dikatakan bahwa PMT sambungan kontak – kontak PMT masih dalam keadaan baik.
4. Pengujian Waktu buka tutup PMT dan keserempakan memiliki nilai standar yang berlaku pada SPLN NO 52-1 1983 untuk sistem kerja 150 kv waktu clearimg time close adalah maksimum sebesar 120 mili detik. Clearing time open PMT 150 KV adalah sebesar 35 – 38 ms. Pengaruh dari waktu buka tutup PMT 150 KV adalah jika PMT Trip akibat dari satu gangguan pada sistem tenaga listrik diharapkan PMT bekerja dengan cepat sehingga clearing time yang diharapkan sesuai standar. Nilai hasil pengujian yang dilakukan pada periode 2022 dan 2024 sesuai dengan standar.
5. Hasil pemeliharan 2 tahunan periode 2022 dan periode 2024 PMT 150 KV Bay Tanjung Pura Gardu Induk Pangkalan Brandan dengan menggunakan alat uji maupun pengecekan fisik didapatkan nilai tahanan isolasi, nilai tahanan kontak, dan waktu buka tutup PMT serta keserempakan yang masih sesuai dengan standar. Hasil pengukuran yang tidak sesuai standar ditindak lanjuti dengan diperbaiki sehingga nilainya dapat sesuai dengan standar. Dengan hasil pemeliharaan diketahui PMT 150 KV arah Tanjung Pura Gardu Induk Pangkalan Brandan masih layak untuk dipergunakan.

## REFERENSI

[1] A. D. Tarigan, P. Wibowo, and A. S. Tarigan, "Perancangan Otoped Listrik Menggunakan Panel Surya Sebagai Media Transportasi," *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, vol. 5, no. 1, pp. 62–65, 2022.

[2] Z. Tharo and H. Hamdani, "Analisis biaya pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap skala rumah tangga," *Journal of Electrical and System Control Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 65–71, 2020.

[3] Z. Tharo, H. Hamdani, and M. Andriana, "Pembangkit listrik hybrid tenaga surya dan angin sebagai sumber alternatif menghadapi krisis energi fosil di sumatera," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)*, 2019, pp. 141–144.

[4] H. Hamdani, Z. Tharo, and S. Anisah, "Perbandingan Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Antara Daerah Pegunungan Dengan Daerah Pesisir," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)*, 2019, pp. 190–195.

[5] Z. Tharo, E. Syahputra, and R. Mulyadi, "Analysis of Saving Electrical Load Costs With a Hybrid Source of PLN-PLTS 500 Wp," *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*, vol. 4, no. 1, pp. 235–243, 2022.

[6] Z. Tharo, H. Hamdani, and M. Andriana, "Pembangkit listrik hybrid tenaga surya dan angin sebagai sumber alternatif menghadapi krisis energi fosil di sumatera," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)*, 2019, pp. 141–144.

[7] P. Wibowo, S. A. Lubis, and Z. T. Hamdani, "Smart home security system design sensor based on pir and microcontroller," *International Journal of Global Sustainability*, vol. 1, no. 1, pp. 67–73, 2017.

[8] Z. Tharo, H. Hamdani, M. Andriana, and P. Andhika, "Wastafel Pintar Berbasis Energi Terbarukan," *Intecoms: Journal Of Information Technology And Computer Science*, vol. 6, no. 1, pp. 363–370, 2023.

**Lisensi**
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

[9] P. Wibowo, S. A. Lubis, and Z. T. Hamdani, "Smart home security system design sensor based on pir and microcontroller," *International Journal of Global Sustainability*, vol. 1, no. 1, pp. 67–73, 2017.

[10] M. Z. Zidane, S. Anisah, and A. P. Tarigan, "Monitoring Konsumsi Energi Kwh 3 Phasa Secara Real Time Dengan Aplikasi Amicon," *JOURNAL OF ELECTRICAL AND SYSTEM CONTROL ENGINEERING*, vol. 8, no. 2, pp. 195–200, 2025.

[11] E. Rajagukguk, A. S. P. Tarigan, and R. Rahmaniar, "Enhance Adjustment Mass Position Based On A Solar Panel Tracking System," *Jurnal Scientia*, vol. 12, no. 04, pp. 156–160, 2023.

[12] R. Rahmaniar, A. Junaidi, A. S. P. Tarigan, and A. H. B. Butar, "Digital Simulation of Short Circuit Current Calculation Using Graphical User Interface for Learning Media Electric Power System Analysis," *International Journal of Artificial Intelligence Research*, vol. 6, no. 1.1, 2024.

**Lisensi**
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.