



Analysis of Contact Resistance Test PMT Bay Kuningan II 70KV at Sunyaragi Substation

Analisa Uji Tahanan Kontak PMT Bay Kuningan II 70KV di Gardu Induk Sunyaragi

Rezza Badruzzaman¹⁾, Arnisa Stefanie²⁾

^{1,2)}*Electrical Engineering Department, University of Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia*

¹⁾rezza.badruzzaman17010@student.unsika.ac.id

²⁾arnisa.stefanie@staff.unsika.ac.id

Abstract- Electrical energy is included in the primary needs of humans in this era, where in this era that can be said to be modern almost all equipment is based on electronics so that the need for electrical energy becomes very large. In Indonesia itself there is a company that is responsible for processing and distributing electricity to the community, namely PLN or more especially substations. To distribute electricity in this Substation there is primary equipment that serves as a transmission regulator, one of which is a Power Breaker (PMT). PMT is one of the important assets in the reliability of the electrical system in the Substation, so periodic testing and maintenance is needed. Testing and maintenance on PMT is very diverse from isolation resistance testing, Breaker Analyzer testing, SF₆ gas characteristic testing, and PMT contact resistance testing. This contact resistance test is carried out to determine the resistance value of the PMT contact, from the resistance value obtained it can also be seen for the value of the power loss generated by the PMT when operating.

Keywords: PMT, Substation, Contact Resistance, Power Loss

Abstrak- Energi listrik sudah termasuk dalam kebutuhan primer manusia pada era ini, di mana pada era yang sudah dapat dikatakan modern ini hampir semua peralatan sudah berbasis elektronik sehingga kebutuhan terhadap energi listrik menjadi sangat besar. Di Indonesia sendiri terdapat sebuah perusahaan yang bertugas dan bertanggung jawab untuk mengolah dan mendistribusikan listrik kepada masyarakat yaitu PLN atau lebih khususnya Gardu Induk. Untuk mendistribusikan listrik di Gardu Induk ini terdapat peralatan primer yang berfungsi sebagai pengatur transmisi, salah satunya adalah Pemutus Tenaga (PMT). PMT merupakan salah satu aset penting dalam keandalan sistem ketenagalistrikan di Gardu Induk, sehingga pengujian dan pemeliharaan secara periodik sangat diperlukan. Pengujian dan pemeliharaan pada PMT sangat beragam dari pengujian tahanan isolasi, pengujian keserentakan (Breaker Analyzer), pengujian karakteristik gas SF₆, dan pengujian tahanan kontak PMT. Pengujian tahanan kontak ini dilakukan untuk mengetahui nilai resistansi pada kontak PMT tersebut, dari nilai resistansi yang didapatkan dapat diketahui juga untuk nilai rugi daya yang dihasilkan oleh PMT tersebut saat beroperasi.

Kata kunci: PMT, Gardu Induk, Tahanan Kontak, Rugi Daya

I. PENDAHULUAN

Pada zaman modern seperti saat ini, energi listrik sudah menjadi salah satu kebutuhan primer manusia dalam menjalankan aktivitas sehari-hari [3], [4], [13]. Seperti yang kita ketahui pada zaman modern ini hampir semua peralatan sudah berbasis elektronik, hal tersebut menyebabkan dibutuhkannya pasokan energi listrik yang sangat besar [3], [5], [13].

Di Indonesia sendiri yang bertugas dan bertanggung jawab untuk mengolah dan mendistribusikan listrik kepada konsumen adalah PLN atau lebih khususnya adalah Gardu Induk (GI) [3], [4], [12], [13]. Gardu Induk (GI) merupakan bagian dari PLN yang menjalankan sistem pembangkit, transmisi, dan distribusi listrik. Di Gardu Induk juga terjadi pengolahan listrik yaitu mengubah tegangan listrik dari tegangan tinggi menjadi tegangan rendah atau sebaliknya yang mana nantinya akan didistribusikan ke konsumen [3], [7], [12].

Untuk mendistribusikan listrik di Gardu Induk ini terdapat peralatan primer yang berfungsi sebagai pengatur transmisinya, salah satunya adalah Pemutus Tenaga (PMT) [3], [4], [6]. PMT merupakan salah satu aset penting dalam keandalan sistem ketenagalistrikan di Gardu Induk, sehingga pengujian dan pemeliharaan secara periodik sangat diperlukan [3], [6], [7], [12], [15]. Pengujian dan pemeliharaan pada PMT sangat beragam dari pengujian tahanan isolasi, pengujian keserentakan (Breaker Analyzer), pengujian karakteristik gas SF₆, dan pengujian tahanan kontak PMT [10], [12], [14], [15].

Pengujian tahanan kontak dilakukan untuk mengetahui nilai resistansi pada kontak PMT yang digunakan, apakah nilainya masih sesuai dengan standar baik standar dari pabrikan yang membuatnya maupun standar dari PLN. Selain itu dari nilai resistansi yang didapatkan dari pengujian tersebut dapat diketahui juga untuk nilai rugi daya yang dihasilkan oleh PMT tersebut saat beroperasi [2], [3], [7], [12], [15].

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemutus Tenaga

Pemutus Tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker* (CB) merupakan peralatan berupa saklar mekanis, yang berfungsi menutup, mengalirkan dan memutus arus beban baik pada saat PMT dalam kondisi normal maupun pada saat PMT dalam kondisi abnormal/gangguan seperti kondisi hubung singkat (short circuit) [10].

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh suatu Pemutus Tenaga dalam sistem tenaga listrik adalah sebagai berikut: [10]

- 1) Mampu menyalurkan arus maksimum sistem secara

terus menerus.

- 2) Mampu memutuskan dan menutup jaringan dalam keadaan berbeban maupun terhubung singkat tanpa menimbulkan kerusakan baik pada keseluruhan sistem maupun pada pemutus tenaga itu sendiri.
- 3) Dapat memutuskan arus hubung singkat dengan sangat cepat agar arus hubung singkat tidak sampai merusak peralatan sistem, tidak membuat sistem kehilangan kestabilan, dan tidak merusak pemutus tenaga itu sendiri.

2.2 Klasifikasi Pemutus Tenaga

2.2.1 Pemutus Tenaga (PMT) Berdasarkan Rating Tegangan.

Berdasarkan rating atau besar nilai tegangannya, Pemutus Tenaga (PMT) dibedakan dalam 4 (empat) kelas yaitu: [10]

- 1) Pemutus Tenaga untuk kelas tegangan rendah (*Low Voltage*), PMT ini memiliki range nilai tegangan dari 0.1 s/d 1 kV.
- 2) Pemutus Tenaga untuk kelas tegangan menengah (*Medium Voltage*), PMT ini memiliki range nilai tegangan dari 1 s/d 35 kV.
- 3) Pemutus Tenaga untuk kelas tegangan tinggi (*High Voltage*), PMT ini memiliki range nilai tegangan dari 35 s/d 245 kV.
- 4) Pemutus Tenaga untuk tegangan extra tinggi (*Extra High Voltage*), PMT ini memiliki range nilai tegangan lebih besar dari 245 kV.

[Figure 1 about here.]

Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa semakin besar tegangan pada sistem ketenaga listrikan semakin besar juga ukuran PMT yang digunakannya. Hal ini dikarenakan semakin besar ukuran PMT semakin besar kapasitas dari PMT tersebut [7].

2.2.2 Pemutus Tenaga (PMT) Berdasarkan Jumlah Mekanik Penggerak.

Berdasarkan jumlah mekanik penggerak (*tripping coil*), Pemutus Tenaga dapat dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu Pemutus Tenaga (PMT) bertipe *single pole* dan Pemutus Tenaga (PMT) dengan tipe *three pole*. PMT tipe *single pole* mempunyai mekanik penggerak pada masing-masing pole, sehingga PMT dengan tipe *single pole* ini umumnya digunakan untuk bay penghantar. Penggunaan PMT tipe *single pole* pada bay penghantar ini bertujuan agar PMT bisa reclose satu fasa sehingga jika terdapat gangguan pada salah satu phase-nya PMT tidak perlu dipadamkan secara total sehingga pemadaman listrik dapat diminimalisir [10].

[Figure 2 about here.]

Kemudian Pemutus Tenaga (PMT) *type three pole* hanya mempunyai satu mekanik penggerak untuk tiga fasa, guna menghubungkan fasa satu dengan fasa lainnya di lengkapi dengan kopel mekanik, umumnya PMT jenis ini di pasang pada bay trafo dan bay kopel serta PMT 20 kV untuk distribusi[10].

[Figure 3 about here.]

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa PMT three pole ini hanya memiliki satu penggerak saja. Maka jika terdapat gangguan pada salah satu phasanya PMT ini akan langsung trip. Dengan kata lain PMT jenis ini tidak akan mengalami reclose melainkan langsung trip atau padam. Hal ini dirancang untuk bay trafo di mana jika ada salah satu aliran listrik yang terganggu pada salah satu phasanya dapat menyebabkan kerusakan pada trafo tersebut.

2.3 Pedoman Pemeliharaan PMT.

2.3.1 In Service Inspection

In Service Inspection adalah pemeriksaan terhadap peralatan yang dilaksanakan dalam keadaan peralatan beroperasi, dengan menggunakan 5 panca indera (five senses) dan metering secara sederhana, pemeliharaan ini dilaksanakan dengan pelaksanaan secara periode tertentu (Harian, Mingguan, Bulanan, Tahunan).

2.3.2 In Service Measurement

In Service Measurement merupakan pemeliharaan dengan cara pengukuran menggunakan alat ukur yang dilakukan pada periode tertentu dan peralatan yang diukur dalam keadaan bertegangan (beroperasi).

2.3.3 Shutdown Measurement

Merupakan pengukuran yang dilakukan pada periode 2 tahunan dalam keadaan peralatan tidak bertegangan (*Off Line*). Pengukuran dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi peralatan dengan menggunakan alat ukur sederhana serta *advanced* yang dilakukan oleh petugas pemeliharaan. *Shutdown Measurement* meliputi pengukuran tahanan isolasi terminal, pengukuran tahanan kontak, *breaker analyzer*, pengukuran tegangan minimum coil, pengujian karakteristik gas SF₆, dan pengukuran tahanan pentanahan PMT.

2.3.4 Conditional

Pekerjaan pemeliharaan yang dilaksanakan dipicu oleh kondisi tertentu atau pasca gangguan atau relokasi peralatan, misalnya karena bencana alam/gempa atau kondisi abnormal setelah pemeliharaan dilakukan. Pemeliharaan conditional meliputi pemeriksaan kebocoran gas SF₆, pembersihan

bushing atau isolator interrupting chamber, pembersihan dan pengencangan baut terminal utama, pemeriksaan pondasi dan struktur besi beton, dan pemeriksaan supply AC/DC pada lemari mekanik PMT.

2.3.5 Overhaul

Overhaul adalah pemeliharaan yang dilaksanakan sekurang-kurangnya sekali dalam tiga tahun atau lebih berdasarkan manual instruction, ketentuan pabrik atau pengalaman/ketentuan unit setempat.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian analisa tahanan kontak ini dilaksanakan di Gardu Induk Sunyaragi yaitu tahanan kontak pada Pemutus Tenaga (PMT) bay penghantar Kuningan II. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

[Figure 4 about here.]

Gambar 4 menunjukkan diagram alir (metode) yang digunakan dalam penelitian analisa tahanan kontak PMT ini. Dari gambar dapat dilihat bahwa penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi masalah yang ada di Gardu Induk Sunyaragi yang memungkinkan untuk diangkat menjadi penelitian. Setelah mengidentifikasi masalah, langkah selanjutnya adalah melakukan studi literasi dan studi lapangan di mana pada studi ini penulis mencari sumber-sumber referensi yang relevan dengan masalah penelitian serta terjun langsung kelapangan (Gardu Induk Sunyaragi) untuk pengambilan data-datanya. Setelah mencari referensi dan pengambilan data penelitian, data-data yang didapat kemudian diolah dan dibandingkan dengan data-data penelitian (pengujian) terdahulunya. Dan terakhir setelah data yang didapat dianalisa untuk kemudian didapat suatu kesimpulan dan solusi untuk permasalahannya.

3.2 Pengambilan Data Penelitian

Untuk pengambilan data pada penelitian analisa tahanan kontak ini dilakukan dengan cara pengukuran tahanan kontak pada PMT secara langsung dilapangan. Pengukuran tahanan kontak PMT ini dilakukan ketika PMT dalam keadaan tidak bertegangan. Berikut adalah diagram alir pengukuran tahanan kontak pada PMT.

[Figure 5 about here.]

Adapun cara pengukuran tahanan kontak pada PMT adalah sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan peralatan kerja yang dibutuhkan untuk pengujian tahanan kontak seperti micro ohmmeter, kabel/probe, power supllly AC 220V, perlengkapan

K3, serta formulir hasil pengukuran tahanan kontak PMT.

- 2) Memutuskan PMT dari beban/arus pada bay Kuningan II, kemudian merangkai dan memasang alat ukur micro ohmmeter pada PMT yang akan di uji seperti gambar rangkaian berikut:

[Figure 6 about here.]

- 3) Kemudian hidupkan alat uji dan lakukan pengujian tahanan kontak PMT pada masing-masing phasanya.
- 4) Catat hasil pengukuran pada formulir pengujian PMT.

3.3 Digital Low Resistance Ohmmeter

Alat uji yang digunakan untuk menguji tahanan kontak yaitu micro ohmmeter, pada pengujian kali ini digunakan micro ohmmeter dengan merk Megger DLRO 600. Alat ini memiliki spesifikasi tegangan input sebesar 220V, range arus untuk injek sebesar 10 A sampai 600 A, range hasil ukur (kemampuan mengukur resistansi) sebesar $0,1\mu\Omega$ to 1Ω jadi jika kurang ataupun lebih dari range tersebut alat tidak dapat membaca nilai resistansi yang diuji, dan terakhir alat ini memiliki akurasi untuk akurasi arus sebesar $\pm 0.5\% \pm 0,1$ Ampere sedangkan untuk akurasi tegangan sebesar $\pm 0.5\% \pm 0,1$ Mv [17].

prinsip kerja dari alat tersebut adalah menggunakan kaidah hukum ohm yaitu $R=V/I$. Di mana alat DLRO akan menyalurkan arus (I) yang telah diatur sebelumnya ke PMT. Arus ini bekerja atau mengalir secara looping yaitu dari DLRO disalurkan ke terminal kontak atas PMT kemudian arus akan mengalir ke kontak-kontak PMT (kontak atas dan kontak bawah) terakhir arus akan mengalir ke terminal bawah PMT. Karena terminal bawah PMT disambungkan ke grounding dan ke kabel sisi negatif DLRO maka arus akan kembali mengalir ke alat DLRO (looping). Hasil dari looping tersebut berupa pembacaan atau pengukuran nilai tegangan pada kontak PMT sesaat dialiri arus. Dengan dihasilkannya nilai tegangan pada kontak PMT tadi, alat DLRO dapat menentukan nilai tahanan pada kontak PMT dengan perhitungan yang telah diprogram pada alat DLRO tersebut. Dibawah merupakan gambar dari alat ohmmeter dengan merk Megger DLRO 600.

[Figure 7 about here.]

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Spesifikasi PMT yang beroperasi di Gardu Induk Sunyaragi.

Pemutus Tenaga (PMT) bay penghantar Kuningan II di

Gardu Induk Sunyaragi ini, baru saja diadakan penggantian PMT yang awalnya PMT merk ASEA diganti dengan PMT merk UNINDO. Pergantian PMT ini dilakukan karena terdapatnya anomali nilai tahanan kontak pada PMT lama (ASEA) yang melebihi batas standar maksimal. Adapun gambar dan spesifikasi PMT lama (ASEA) dan PMT baru (UNINDO) sebagai berikut.

[Figure 8 about here.]

[Table 1 about here.]

[Figure 9 about here.]

[Table 2 about here.]

Berdasarkan tabel 1 dan tabel 2 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan spesifikasi antara PMT merk ASEA dan PMT merk UNINDO. Perbedaan tersebut antara lain arus normal rata-rata dan media isolasi pada PMT tersebut. PMT merk ASEA memiliki arus normal rata-rata sebesar 1250 A dengan media isolasi minyak, sedangkan PMT merk UNINDO memiliki arus normal rata-rata sebesar 2000 A dengan media isolasi gas SF6.

Setiap peralatan primer yang dioperasikan di Gardu Induk memiliki nilai standar operasinya masing-masing. Dengan adanya nilai standar ini diharapkan dapat mengontrol dan memonitoring kinerja dari peralatan primer tersebut agar selalu dalam keadaan optimal sehingga bekerja dengan baik. Adapun nilai standar tahanan kontak PMT sebagai berikut [8], [9]:

[Table 3 about here.]

(Catatan: nilai standar tahanan kontak setiap PMT berbeda-beda tergantung jenis dan pabrikan yang membuatnya.)

4.2 Hasil Pengujian dan Pengukuran Tahanan Kontak pada PMT.

Sebagaimana yang telah dibahas bahwa pada PMT bay Kuningan II ini baru saja mengalami penggantian PMT yaitu pada tahun 2018 atau lebih tepatnya tanggal 9 Agustus 2018. Pada awalnya PMT yang digunakan adalah PMT dengan merk ASEA yang beroperasi dari tahun 1982 s.d 2018 diganti dengan PMT merk UNINDO yang beroperasi dari tahun 2018 s.d sekarang. Berikut adalah hasil pengukuran tahanan kontak untuk kedua PMT tersebut semasa beroperasinya:

[Table 4 about here.]

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai tahanan kontak pada

PMT ASEA ini dari tahun 2014-2016 nilainya sudah termasuk pada kategori sangat tinggi melebihi standar tahanan kontak PMT dari pabrikan yang membuatnya, namun nilai tersebut masih memenuhi standar tahanan kontak PMT dari PLN sehingga masih dioperasikan dan belum dilakukan penggantian. Namun pada tahun 2018, nilai tahanan kontak pada PMTnya melebihi nilai standar PMT dari PLN yaitu pada fasa R tahanan kontak mencapai nilai $110.6\mu\Omega$. Maka pada saat itu pihak PLN memutuskan untuk dilakukannya proses pemeliharaan overhaul pada PMT ASEA tersebut, yaitu pemeliharaan PMT dengan cara membongkar PMT tersebut.

Hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan overhaul untuk tahanan kontak PMT ini yaitu kebersihan pada kontak-kontak PMT dan pemasangan kontak atas dan kontak bawahnya apakah terhubung dengan baik atau tidak. Jika tidak terpasang dengan baik atau masih adanya celah saat pengontakan kedua kontak maka celah itu dapat menyebabkan adanya celah gap yang dapat menghasilkan percikan api atau busur api sehingga nilai tahanan kontak PMT menjadi besar. Setelah dilakukannya proses overhaul, PMT tersebut diuji kembali untuk memeriksa kembali kondisi PMT apakah sudah sesuai standar atau tidak. Dan untuk tahanan kontak akan dilihat apakah nilainya menurun dan berada pada batas standar atau tidak. Berikut adalah nilai tahanan kontak sebelum dan sesudahnya dilakukan proses overhaul pada PMT bay penghantar Kuningan II sisi 70KV (PMT merk ASEA).

[Table 5 about here.]

Dari tabel 5 didapat bahwa setelah dilakukan overhaul nilai tahanan kontak cenderung menurun. Dapat dilihat pada bagian fasa R yaitu nilai tahanan kontak pada fasa R ini awalnya bernilai 110.6 ohm, setelah dilakukan overhaul nilainya menurun menjadi 107.2 ohm. Walaupun nilai tahanan kontak menurun, tapi nilainya masih berada pada nilai anomali atau tidak sesuai dengan standar baik setandar PLN maupun standar pabrikan yang membuatnya. Maka pada saat itu pihak PLN memutuskan untuk mengganti PMT pada bay Kuningan II tersebut. Sebagaimana diagram tindak lanjut hasil pengukuran tahanan kontak dibawah ini.

[Figure 10 about here.]

Gambar 10 menunjukkan bahwa jika terdapat hasil ukur yang tidak memenuhi standar tahanan kontak PMT maka akan dilakukan pemeliharaan secara pembongkaran (overhaul). Overhaul ini dilakukan dengan tujuan meminimalisir anomali yang terdeteksi ketika pengujian dengan cara memperbaikinya secara langsung melalui pembongkaran tersebut.

Setelah dilakukan pengantian, PMT yang baru tersebut kembali diuji dan diukur nilai tahanan kontaknya sebelum digunakan sebagai transmisi/penghantar listrik proses pengujian ini sering disebut komisioning. Berikut hasil pengukuran komisioning dan hasil pengukuran pada pemeliharaan 2 tahunan PMT bay kuningan 2 pada tahun 2020.

[Figure 11 about here.]

Gambar 11 menunjukkan hasil pengukuran tahanan kontak PMT pada fasa R ketika diinjeksi arus 100 Ampere, pada alat uji terukur nilai tegangan sebesar 3.3 mV. Kemudian alat DLRO akan menghitung nilai tahanan sesuai hukum ohm di mana:

$$V = I \times R$$

Maka

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{3,3 \times 10^{-3}}{100}$$

$$R = 33 \times 10^{-6}$$

Atau

$$R = 33 \mu\Omega$$

[Figure 12 about here.]

Gambar 12 merupakan gambar hasil yang terukur oleh alat uji DLRO untuk fasa S. Sama halnya dengan pengukuran tahanan kontak pada fasa R, pada fasa S juga berlaku perhitungan serupa. Pada fasa S ini ketika PMT diinjeksi dengan arus sebesar 100 Ampere, pada alat uji terukur tegangan 4.1 mV. Kemudian alat ukur DLRO menghitung kembali nilai tahanan sebagai berikut.

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{4,1 \times 10^{-3}}{100}$$

$$R = 41 \times 10^{-6}$$

$$R = 41 \mu\Omega$$

[Figure 13 about here.]

Gambar 13 merupakan gambar hasil yang terukur oleh alat uji DLRO untuk fasa T. Sama halnya dengan pengukuran tahanan kontak pada fasa sebelumnya, pada fasa T juga berlaku perhitungan serupa. Pada fasa T ini ketika PMT diinjeksi dengan arus sebesar 100 Ampere, pada alat uji terukur tegangan 3.5 mV. Kemudian alat ukur DLRO menghitung kembali nilai tahanannya sebagai berikut.

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{3,5 \times 10^{-3}}{100}$$

$$R = 35 \times 10^{-6}$$

$$R = 35 \mu\Omega$$

Berdasarkan data pengujian yang telah dilakukan didapat nilai-nilai tahanan kontak pada masing-masing phasanya untuk PMT bay penghantar Kuningan II sebagai berikut.

[Table 6 about here.]

Dari tabel 6 diatas didapat perbandingan antara pengukuran tahun 2018 dan 2020 pada PMT baru dengan merk UNINDO tersebut tidak terlalu jauh dan masih dalam nilai standar PLN dan standar pabrikan. Namun dapat dilihat untuk pengukuran tahun 2020, nilai tahanan kontak yang terukur pada fasa S nilainya berbeda jauh dengan fasa lainnya. Maka dari itu disarankan kepada pihak PLN khususnya pada pihak Gardu Induk Sunyaragi untuk lebih memonitor PMT bay kuningan 2 ini khususnya pada fasa S-nya. Dikhawatirkan dengan adanya perbedaan tahanan kontak yang cukup jauh ini dapat menimbulkan anomali/gangguan dan memperpendek umur operasi PMT.

Kemudian dapat dilihat juga pada fasa R, untuk pengukuran tahun 2018 dan tahun 2020 mengalami penurunan nilai tahanan kontaknya yaitu dari 34.6 $\mu\Omega$ menjadi 33.3 $\mu\Omega$. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti usia PMT, suhu lingkungan, kebersihan terminal PMT pada saat akan diuji, kontak yang tidak terhubung dengan baik, alat ukur, dan atau human error.

4.3 Rugi Daya Yang Dihasilkan PMT Ketika Beroperasi.

Sebagaimana yang telah dijelaskan diatas, bahwa PLN membatasi nilai tahanan kontak pada PMT. Hal tersebut dilakukan karena nilai tahanan kontak ini sangat berpengaruh terhadap keandalan operasi PMT itu sendiri. Selain itu dalam proses pengolahan dan penjualan listriknya sendiri PLN sebenarnya selalu mengalami kerugian. Kerugian ini disebabkan oleh penjualan listrik pada konsumen biasa (kerumah-rumah penduduk) hanya dilakukan penjualan listrik daya aktifnya saja (Watt),

sedangkan PLN dari proses pengolahan listriknya menghasilkan listrik berupa daya aktif (Watt) dan daya reaktif (Var), rugi daya dan jatuh tegangan yang dihasilkan oleh penghantar (kabel) dan komponen listrik salah satunya adalah PMT.

Perhitungan rugi daya ini mengacu pada rumus $P = I^2 \times R$. Berikut adalah rugi daya yang dihasilkan oleh PMT pada bay Kuningan 2, baik PMT lama maupun PMT baru.

[Table 7 about here.]

Tabel 7 merupakan hasil perhitungan rugi daya yang disebabkan oleh nilai tahanan kontak pada PMT lama (ASEA) bay penghantar Kuningan II di Gardu Induk Sunyaragi. Pada perhitungan rugi daya diatas penulis menggunakan nilai arus rata-rata yang terbaca pada relai proteksi bay penghantar Kuningan I, penulis menggunakan referensi ini dikarenakan jenis PMT bay Kuningan I ini sama persis dengan PMT lama bay kuningan II yaitu PMT ASEA dengan media isolasi minyak serta waktu pemasangannya pun hanya beda 1 tahun. Pada relai tersebut hampir setiap harinya (dari tanggal 1 februari 2020- 28 februari 2020) nilai arus yang terbaca selalu dibawah atau mendekati nilai 200 Ampere, maka penulis menggunakan nilai arus 200 Ampere tersebut.

[Figure 14 about here.]

Setelah dilakukan perhitungan didapat rata-rata total rugi daya pada PMT lama (ASEA) bay penghantar Kuningan II tersebut nilainya sebesar 10.36 Watt per waktu. Maksud per waktu ini adalah nilai rugi daya tersebut hanya pada saat pengukuran atau pengujian dilakukan (bisa dikatakan 10.36 Watt/sekon).

[Table 7 about here.]

Sama halnya PMT ASEA, pada PMT UNINDO juga digunakan nilai rata-rata arus 200 Ampere (sesuai nilai arus yang terbaca pada relay proteksi). Seperti yang terlihat pada tabel 8, setelah dilakukan perhitungan rugi daya didapat rata-rata total rugi daya pada PMT baru (UNINDO) bay penghantar Kuningan II tersebut nilainya sebesar 4.3 Watt per waktu. Maksud per waktu ini adalah nilai rugi daya tersebut hanya pada saat pengukuran atau pengujian dilakukan (bisa dikatakan 4.3 Watt/sekon). Nilai rugi daya yang dihasilkan ini jauh lebih kecil dari rugi daya yang dihasilkan oleh PMT lama yang masih menggunakan minyak sebagai media isolasinya.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pada bagian pembahasan diatas, didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji Tahanan Kontak Pada PMT baru bay Kuningan 2 di tahun 2020 memiliki nilai pada fasa R, fasa S, dan fasa T secara berturut-turut bernilai 33,3 $\mu\Omega$, 41,1 $\mu\Omega$, dan 34,9 $\mu\Omega$. Nilai tahanan kontak tersebut masih Sesuai Standar berdasarkan Standar pabrikan dan Standar PLN. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa PMT masih layak beroperasi.
2. Besarnya nilai tahanan kontak sangat berpengaruh pada rugi daya yang dihasilkan oleh PMT tersebut. Semakin besar tahanan kontak PMT, semakin besar pula nilai rugi daya yang dihasilkannya.
3. Jika terdapat nilai tahanan kontak PMT yang besar dan melebihi standar baik standar pabrikan maupun standar PLN, maka pada PMT tersebut harus dilakukan proses overhaul yaitu pemeliharaan secara pembongkaran. Setelah dioverhaul PMT akan diuji kembali dan dicek apakah sudah sesuai standar atau tidak. Jika masih tidak sesuai standar maka PMT akan dilakukan penggantian atau diganti.
4. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai tahanan kontak antara lain faktor usia, konduktor dan atau terminal yang diuji kotor / berdebu/berkarat, faktor suhu, kontak yang tidak terhubung dengan baik, dan faktor alat ukur serta human error.

5.2 Saran

Adapun saran yang ingin penulis sampaikan pada peelitian ini sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dijelaskan diatas bahwa pada saat dilakukan pengukuran tahanan kontak PMT bay penghantar Kuningan II pada pemeliharaan 2 tahunan di tahun 2020 ini, terdapat nilai tahanan kontak yang memiliki selisih yang cukup besar dan mendekati batas standar yaitu pada fasa S yang memiliki nilai tahanan kontak sebesar 41.1 $\mu\Omega$. Maka untuk pihak PLN khususnya Gardu Induk Sunyaragi untuk lebih memonitor dan mengawasi PMT bay kuningan 2 ini, dikhawatirkan dengan adanya selisih perbedaan nilai tahanan kontak ini menyebabkan gangguan dan kerusakan pada PMT tersebut.
2. Untuk penelitian selanjutnya mungkin dapat dikembangkan dalam pembahasan rugi daya yang lebih terperinci lagi.

- [1] A. A. Bhole and B. S. Bobdey, "Dynamic Contact Resistance Measurements on HV Circuit Breaker," *Esrsta Publ.*, vol. 3, no. 1, pp. 1292–1296, 2014.
- [2] A. Risdiyanto, N. A. Rachman, and M. Arifin, "Effect of Contact Pressure on the Resistance Contact Value and Temperature Changes in Copper Busbar Connection," *J. Mechatronics, Electr. Power, Veh. Technol.*, vol. 3, no. 2, p. 73, 2012, doi: 10.14203/j.mev.2012.v3.73-80.
- [3] A. Setyawan. Surakarta, "Analisa Pengaruh Tahanan Kontak Pemutus Tenaga Pada Kopel Busbar Tegangan Tinggi Terhadap Rugi Daya Penghantar Di Gardu Induk Palur," 2018.
- [4] D. Aribowo et al., "Analisis Hasil Uji PMT 150 kV pada Gardu Induk Cilegon Baru BAY KS 1," pp. 59–65, 2018.
- [5] F. C. Lisi, F. Lisi, and S. Silimang, "Analisa Perhitungan Kapasitas dan Pemilihan Circuit Breaker (CB) pada Penyulang Gardu Induk Paniki Sistem Minahasa," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 1, pp. 9–16, 2018, doi: 10.35793/jtek.7.1.2018.19086.
- [6] M. Lukas Santoro and Ir. Yuningtyastuti, "Pemeliharaan pemutus tenaga gardu induk 150 kv krapyak," *Teknik Elektro*. pp. 1–12, 2012.
- [7] Nuryanto, 2017, *Pengujian Tahanan Kontak Pemutus Tenaga (PMT) 70KV Pada Bay IBT V 100 MVA 150/70 KV Di Gardu Induk Sunyaragi*, Universitas 17 Agustus 1945, Cirebon.
- [8] PT. PLN (Persero), 1979, *Buku manual PMT merk ASEA*, PT. PLN (Persero) UPT Cirebon.
- [9] PT. PLN (Persero), 2017, *Buku manual PMT merk UNINDO*, PT. PLN (Persero) UPT Cirebon.
- [10] PT. PLN (Persero). 2014, *Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga (PMT)*, SE No.0520-2.K/DIR/2014, PT. PLN (Persero), Jakarta.
- [11] PT. PLN (Persero). 2014, *Buku Petunjuk Gardu Induk*, SE No.0520- 2.K/DIR/2014, PT. PLN (Persero), Jakarta.
- [12] Irwan Pranomo, 2019, "Analisis Pengujian Pemutus Tenaga Bay Gondangrejo 2 dalam Pemeliharaan Dua Tahunan di Gardu Induk Palur", Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [13] J. J. Rikumahu, Denny R. P., and J. Marselin, "Perancangan Peningkatan Keandalan Sistem Tenaga Listrik Pada Gardu Hubung Poka Kota Ambon", *Jurnal Simetrik*, Vol. 9. No. 1, Juni 2019.
- [14] R. L. Imani, S. Suprijadi, and A. Siswanto, "Analisis Hasil Over Houl Pemutus Tenaga (Pmt) 70Kv Pada Bay Arjawinangun 2 Di Pt Pln Persero App Cirebon Gi Kadipaten," *Conf. Innov. Appl. Sci. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 618–625, 2018.
- [15] Malik Riyadi, 2019, *Analisis Pengujian Pemutus Tenaga (PMT) bay Pedan 2 dalam Pemeliharaan dua tahunan di Gardu Induk Klaten*, Universitas Widya Dharma Klaten.
- [16] S. Robaga, A. Setyo, I. Samsu, and E. Al, "Buku Pedoman Pemeliharaan Peralatan Primer Gardu Induk," PT. PLN, pp. 1–61, 2009.
- [17] Megger, "Data Sheet DLRO Megger 600", https://embed.widencdn.net/pdf/plus/megger/cnldfjed13/DLRO600_DS_en.pdf?u=k67mr7 <Diakses 20 Februari 2020>

REFERENSI

DAFTAR TABEL

Table I. Spesifikasi PMT Merk ASEA.....	124
Table II. Spesifikasi PMT Merk UNINDO	125
Table III. Nilai Standar Tahanan Kontak PMT	126
Table IV. Hasil Uji Tahanan Kontak PMT ASEA	1277
Table V. Hasil Uji Sebelum dan Sesudah Overhaul.....	128
Table VI. Hasil Uji Tahanan Kontak PMT UNINDO	129
Table VII. Hasil Perhitungan Rugi Daya pada PMT ASEA Bay Penghantar Kuningan II.....	130
Table VIII. Hasil Perhitungan Rugi Daya pada PMT UNINDO Bay Penghantar Kuningan II.	131

Table I. Spesifikasi PMT Merk ASEA.

Merk	ASEA
Type	HLR 72.5/125D
Serial Number	2250
Tegangan Rata-rata	72.5 KV
Frekuensi Rata-rata	50 Hz
Arus normal rata-rata	1250 A
Media Isolasi	Minyak
Tahun Pembuatan	1979
Tahun Pemasangan	1982
Lokasi	Bay Penghantar Kuningan II Gardu Induk Sunyaragi

Table II. Spesifikasi PMT Merk UNINDO

Merk	UNINDO
Type	GL309 F3/3120
Serial Number	17 309 0230 13
Tegangan Rata-rata	72.5 KV
Frekuensi Rata-rata	50 Hz
Arus normal rata-rata	2000 A
Media Isolasi	Gas SF ₆
Tahun Pembuatan	2017
Tahun Pemasangan	2018
Lokasi	Bay Penghantar Kuningan II Gardu Induk Sunyaragi

Table III. Nilai Standar Tahanan Kontak PMT

PMT ASEA		PMT UNINDO	
Standar pabrikan	Standar PLN	Standar pabrikan	Standar PLN
$\leq 50\mu\Omega$	$\leq 100\mu\Omega$	$\leq 50\mu\Omega$	$\leq 50\mu\Omega$

Table IV. Hasil Uji Tahanan Kontak PMT ASEA

Tahun	Arus Injeksi (A)	Nilai Ukur Tahanan Kontak		
		Phasa R ($\mu\Omega$)	Phasa S ($\mu\Omega$)	Phasa T ($\mu\Omega$)
2014	100	86.8	88.3	81.8
2016	100	77.0	82.7	78.6
2018	100	110.6	84.2	86.9
Rata-rata	100	91.5	85.0	82.4

Table V. Hasil Uji Sebelum dan Sesudah Overhaul

Nilai Tahanan Kontak Sebelum Overhaul			Nilai Tahanan Kontak Sesudah Overhaul		
Phasa R ($\mu\Omega$)	Phasa S ($\mu\Omega$)	Phasa T ($\mu\Omega$)	Phasa R ($\mu\Omega$)	Phasa S ($\mu\Omega$)	Phasa T ($\mu\Omega$)
110.6	84.2	86.9	107.2	82.5	89.8

Table VI. Hasil Uji Tahanan Kontak PMT UNINDO

Tahun	Arus Injeksi (A)	Nilai Ukur Tahanan Kontak		
		Phasa R ($\mu\Omega$)	Phasa S ($\mu\Omega$)	Phasa T ($\mu\Omega$)
2018	100	34.6	36.0	34.7
2020	100	33.3	41.1	34.9
Rata-rata	100	33.95	38.5	34.8

Table VII. Hasil Perhitungan Rugi Daya pada PMT ASEA Bay Penghantar Kuningan II.

Tahun	Arus (A)	Tahanan Kontak PMT			Rugi Daya		
		Phasa R ($\mu\Omega$)	Phasa S ($\mu\Omega$)	Phasa T ($\mu\Omega$)	Phasa R ($\mu\Omega$)	Phasa S ($\mu\Omega$)	Phasa T ($\mu\Omega$)
2014	200	86.8	88.3	81.8	3.5	3.5	3.3
2016	200	77.0	82.7	78.6	3.0	3.3	3.1
2018	200	110.6	84.2	86.9	4.4	3.4	3.5
Rata	200	91.5	85.0	82.4	3.7	3.4	3.3
Total Rugi Daya Pada PMT					10.4 Watt		

Table VIII. Hasil Perhitungan Rugi Daya pada PMT UNINDO Bay Penghantar Kuningan II.

Tahun	Arus (A)	Tahanan Kontak PMT			Rugi Daya		
		Phasa R ($\mu\Omega$)	Phasa S ($\mu\Omega$)	Phasa T ($\mu\Omega$)	Phasa R ($\mu\Omega$)	Phasa S ($\mu\Omega$)	Phasa T ($\mu\Omega$)
2018	200	34.6	36.0	34.7	1.4	1.4	1.4
2020	200	33.3	41.1	34.9	1.4	1.6	1.4
Rata	200	33.95	38.5	34.8	1.4	1.5	1.4
Total Rugi Daya Pada PMT					4.3 Watt		

DAFTAR GAMBAR

Figure 1. Pemutus Tenaga (PMT) Berdasarkan Rating Tegangan. 133
 Figure 2. Pemutus Tenaga (PMT) Type Single Pole. 133
 Figure 3. Pemutus Tenaga (PMT) Type Single Pole. 133
 Figure 4. Diagram Alir Penelitian..... 134
 Figure 5. Diagram Alir Pengukuran Tahanan Kontak PMT..... 135
 Figure 6. Rangkaian Pengukuran Tahanan Kontak PMT. 135
 Figure 7. Alat Uji Tahanan Kontak Merk DLRO Megger 600..... 136
 Figure 8. PMT Lama Bay Kuningan II Merk ASEA..... 136
 Figure 9. PMT Baru Bay Kuningan II Merk UNINDO..... 136
 Figure 10. Diagram Alir Tindak Lanjut Hasil Pengukuran Tahanan Kontak PMT..... 137
 Figure 11. Hasil Pengukuran Tahanan Kontak PMT pada Fasa R. 138
 Figure 12. Hasil Pengukuran Tahanan Kontak PMT pada Fasa S..... 138
 Figure 13. Hasil Pengukuran Tahanan Kontak PMT pada Fasa T..... 138
 Figure 14. Nilai Arus Terbaca pada Relay Proteksi Untuk Bay Penghantar Kuningan II. 138

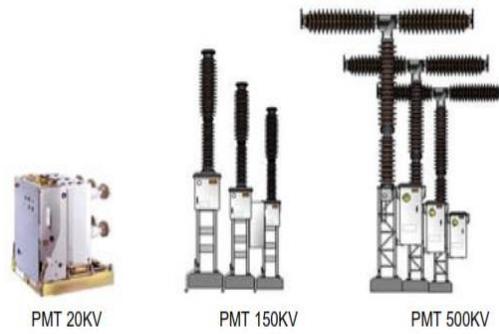


Figure 1. Pemutus Tenaga (PMT) Berdasarkan Rating Tegangan.

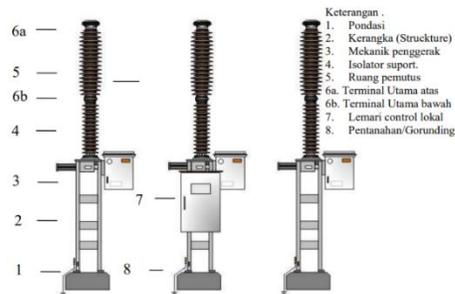


Figure 2. Pemutus Tenaga (PMT) Type Single Pole.



Figure 3. Pemutus Tenaga (PMT) Type Single Pole.

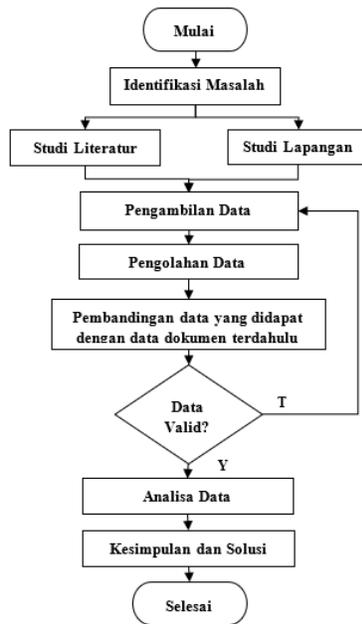


Figure 4. Diagram Alir Penelitian.

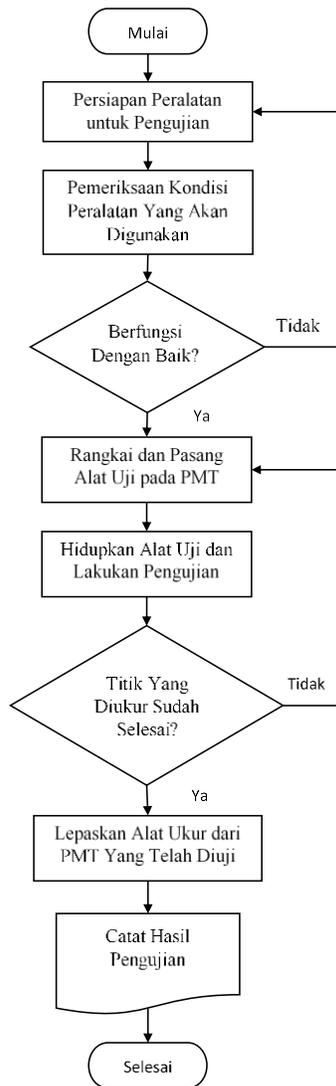


Figure 5. Diagram Alir Pengukuran Tahanan Kontak PMT.

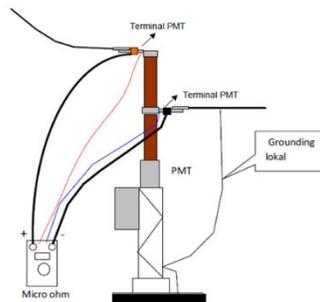


Figure 6. Rangkaian Pengukuran Tahanan Kontak PMT.



Figure 7. Alat Uji Tahanan Kontak Merk DLRO Megger 600.



Figure 8. PMT Lama Bay Kuningan II Merk ASEA.



Figure 9. PMT Baru Bay Kuningan II Merk UNINDO.

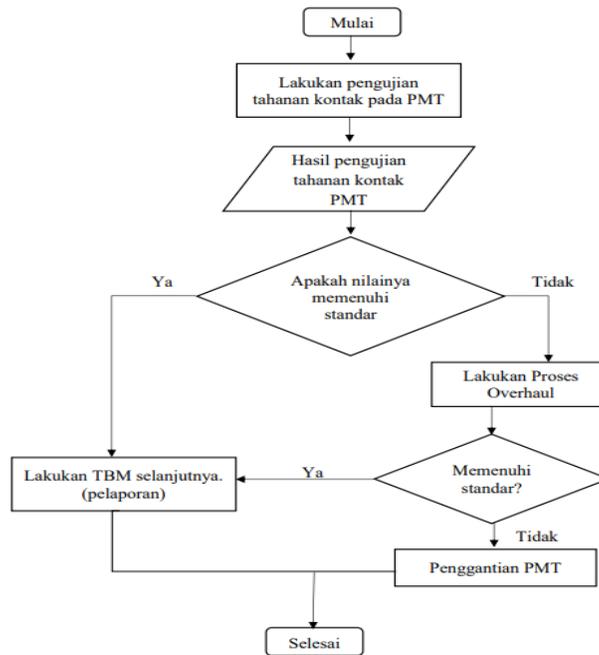


Figure 10. Diagram Alir Tindak Lanjut Hasil Pengukuran Tahanan Kontak PMT.



Figure 11. Hasil Pengukuran Tahanan Kontak PMT pada Phasa R.



Figure 12. Hasil Pengukuran Tahanan Kontak PMT pada Phasa S.



Figure 13. Hasil Pengukuran Tahanan Kontak PMT pada Phasa T.



Figure 14. Nilai Arus Terbaca pada Relay Proteksi Untuk Bay Penghantar Kuningan II.