

Pengaruh Tahanan Kontak Pada Pemutus Tenaga 150 KV Terhadap Rugi Daya di PT PLN (Persero) ULTG Sidikalang

Influence of Contact Resistance on 150 KV Circuit Breaker Towards Power Losses at PT PLN (Persero) ULTG Sidikalang

Oleh

Andrilian Samuel Napitupulu

Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Medan
Jl. Almamater No.1 Kampus USU 20155 Medan
andrilian1705033036@students.polmed.ac.id

Juli Iriani

Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Medan
Jl. Almamater No.1 Kampus USU 20155 Medan
Juli.19620709@polmed.ac.id

Abstract

Power losses in the circuit breaker occurs due to the contact of the circuit breaker. The breaker and connecting contacts are one of the components in the PMT. The contact resistance at each PMT determines the amount of power loss in the conductor. The goal of this research was to determine the factors that affect the value of contact resistance in PMT and the effect of the value of contact resistance on PMT power losses. The research method used is observation and data collection carried out at PT PLN (Persero) ULTG Sidikalang, precisely at the PMT bay penghantar Sidikalang-Tele, PMT bay Trafo Daya 1, PMT bay penghantar Sidikalang-Renun. The average PMT contact resistance per phase in the PMT bay penghantar Sidikalang-Tele, PMT bay Trafo Daya 1 and PMT bay penghantar Sidikalang-Renun are 39.45, 31.6 and 41.8, respectively. The contact resistance causes electrical power losses in each PMT of 29.14 Watt, 66.05 Watt and 27.45 Watt. The factors that cause high contact resistance are because the PMT main contact is not connected perfectly because the mechanics are not working properly, the main contact surface is deformed/worn due to friction during PMT or the terminal surface is dirty due to flashover. In addition to routine maintenance of PMT contact resistance, it is also necessary to consider maintenance based on the frequency of PMT opening and closing due to fault.

Keywords: PMT, resistance, losses, maintenance

Abstrak

Rugi daya pada pemutus tenaga terjadi karena adanya kontak pada pemutus tenaga. Kontak pemutus dan penghubung merupakan salah satu komponen pada PMT. Tahanan kontak pada setiap PMT menentukan besarnya rugi daya penghantarnya. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui faktor yang mempengaruhi nilai tahanan kontak pada PMT dan pengaruh nilai tahanan kontak terhadap rugi daya PMT. Metode penelitian yang digunakan adalah pengamatan dan pengambilan data yang dilakukan di PT PLN (Persero) ULTG Sidikalang tepatnya pada PMT bay penghantar Sidikalang-Tele, PMT bay Trafo Daya 1, PMT bay penghantar Sidikalang-Renun. Tahanan kontak PMT rata-rata perphasa pada bay penghantar Sidikalang -Tele, bay Trafo Daya I dan bay penghantar Sidikalang-Renun.masing-masing adalah 39,45 $\mu\Omega$, 31,6 $\mu\Omega$ dan 41,8 $\mu\Omega$. Tahanan kontak tersebut menimbulkan rugi-rugi daya listrik pada masing-masing PMT sebesar 29,14 Watt, 66,05 Watt dan 27,45 Watt. Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya tahanan kontak yang tinggi karena kontak utama PMT tidak terhubung sempurna karena mekanik tidak bekerja dengan baik, permukaan kontak utama cacat/aus akibat gesekan pada saat PMT atau permukaan terminal kotor akibat flashover. Selain pemeliharaan tahanan kontak PMT secara rutin, hendaknya perlu dipertimbangkan juga pemeliharaan yang berdasarkan frekuensi kerja buka tutup PMT akibat gangguan.

Kata Kunci : PMT, Tahanan, losses, pemeliharaan

1. PENDAHULUAN

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 waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam kondisi abnormal/gangguan seperti kondisi hubung singkat (PLN, 2014). Pemutus tenaga memiliki beberapa komponen yang menunjang kinerjanya. Kontak pemutus dan penghubung merupakan salah satu komponen pada PMT. Pada kontak ini arus beban dapat diputus untuk keperluan perbaikan jaringan beban dan disambung kembali apabila sudah selesai. Pada kontak pemutus memiliki nilai resistansi yang berbeda sehingga dilakukan pemeriksaan nilai tahanan kontak. Nilai tahanan kontak seharusnya bernilai sekecil mungkin dan diharapkan mendekati nol. Tahanan kontak pada setiap PMT menentukan besarnya rugi daya penghantarnya. Besarnya nilai tahanan berpengaruh terhadap rugi daya penghantar, karena rugi daya adalah hasil kali dari arus yang mengalir dengan tahanan pada kontak. Setelah dilakukan pemeliharaan untuk mengetahui seberapa besar nilai tahanan kontak pada setiap PMT yang diuji, maka nilai tahanan tersebut digunakan untuk menghitung besarnya rugi daya penghantar PMT. Pemeriksaan dan pengujian terhadap tahanan kontak PMT akan dijadikan bahan evaluasi dalam pemeliharaan sekaligus bila ditemukan kerusakan yang signifikan maka akan dilakukan pergantian pemutus tenaga.(PLN, 2014).

2. TINJAUAN TEORITIS

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 150 kV, 220 kV atau 500 kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ($I^2.R$). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil, dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer.(Kadir, A., 1998). Gardu induk adalah suatu instalasi yang terdiri dari peralatan listrik tegangan tinggi yang berfungsi untuk mentransfer tenaga listrik dari tegangan yang berbeda, pengukuran, pengawasan, pengamanan sistem tenaga listrik serta pengaturan daya yang kemudian menyalurkan ke daerah beban melalui saluran distribusi primer.(Setyawan, A., 2018).

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 waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam kondisi abnormal/gangguan seperti kondisi hubung singkat (*short circuit*). Fungsi utamanya adalah sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu membuka atau menutup saat terjadi arus gangguan (hubung singkat) pada jaringan atau peralatann lain. (PLN, 2014). Klasifikasi Pemutus Tenaga dapat dibagi atas beberapa jenis, antara lain berdasarkan tegangan rating/nominal, jumlah mekanik penggerak, media isolasi, dan proses pemadaman busur api.

Berdasarkan Besar/Kelas Tegangan, PMT dapat dibedakan menjadi:

- PMT tegangan rendah (*Low Voltage*), range tegangan 0.1 s/d 1 kV
- PMT tegangan menengah (*Medium Voltage*), range tegangan 1 s/d 35 kV
- PMT tegangan tinggi (*High Voltage*), range tegangan 35 s/d 245 kV
- PMT tegangan extra tinggi (*Extra High Voltage*), range tegangan lebih besar dari 245 kV

Berdasarkan Jumlah Mekanik Penggerak / Tripping Coil, PMT dapat dibedakan menjadi:

- PMT *Single Pole*, mempunyai mekanik penggerak pada masing-masing pole, umumnya PMT jenis ini dipasang pada bay penghantar agar PMT dapat reclose satu fasa
- PMT *Three Pole*, PMT jenis ini 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

Berdasarkan media pemadam busur api, PMT dapat dibedakan menjadi beberapa macam, antara lain:

- PMT Gas Sulfur Hexa Fluorida (SF₆), gas SF₆ sebagai media pemadam busur api yang timbul pada waktu memutus arus listrik. Sebagai isolasi, gas SF₆ mempunyai kekuatan dielektrik yang lebih

tinggi dibandingkan dengan udara dan kekuatan dielektrik ini bertambah seiring dengan penambahan tekanan. Selama operasi membuka atau menutup PMT, gas SF₆ ditekan ke dalam suatu tabung/silinder yang menempel pada kontak bergerak. Pada waktu pemutusan, gas SF₆ ditekan melalui nozzle dan tiupan ini yang mematikan busur api.

- PMT Minyak, Menggunakan minyak isolasi sebagai media pemadam busur api yang timbul pada saat PMT bekerja membuka atau menutup. PMT jenis ini digunakan mulai dari tegangan menengah 6 kV sampai tegangan ekstra tinggi 425 kV dengan arus nominal 400 A sampai 1250 A dengan arus pemutusan simetris 12 kA sampai 50 kA
- PMT Udara Hembus (Air Blast), PMT ini menggunakan udara sebagai media pemadam busur api dengan menghembuskan udara ke ruang pemutus
- PMT Hampa Udara (Vacuum), Ruang hampa udara mempunyai kekuatan dielektrik yang tinggi dan sebagai media pemadam busur api yang baik. Saat ini, PMT jenis vacuum umumnya digunakan untuk tegangan menengah (24kV). Ruang kontak utama dibuat dari bahan antara lain porcelain, kaca atau plat baja yang kedap udara. Ruang kontak utamanya tidak dapat dipelihara dan umur kontak utama sekitar 20 tahun. Karena kemampuan tegangan dielektrik yang tinggi maka bentuk fisik PMT jenis ini relatif kecil.

Komponen PMT

1. Primary

Merupakan bagian PMT yang bersifat konduktif dan berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dengan nilai losses yang rendah dan Mampu menghubungkan/memutuskan arus beban saat kondisi normal/tidak normal.

a. Interrupter

Merupakan bagian dimana terjadinya proses membuka atau menutup kontak PMT. Didalamnya terdapat beberapa jenis kontak yang berkenaan langsung dalam proses penutupan atau pemutusan arus, yaitu, kontak bergerak/*moving contact*, kontak tetap/*fixed contact*, kontak *arcing/arcing contact*

b. Terminal Utama

Bagian dari PMT yang merupakan titik sambungan/koneksi antara PMT dengan konduktor luar dan berfungsi untuk mengalirkan arus dari atau ke konduktor luar

2. Dielectric

Berfungsi sebagai Isolasi peralatan dan memadamkan busur api dengan sempurna pada saat *moving contact* bekerja. *Electrical Insulation* (Isolator) pada Pemutus (PMT) terdiri dari dua bagian isolasi yang berupa isolator, yaitu isolator ruang pemutus (*interrupting chamber*), yaitu isolator yang berada pada ruang pemutus (*interrupting chamber*), dan Isolator Penyangga (*Support Insulation*) yaitu isolator yang berada pada penyangga/*support*

3. Driving Mechanism

Berfungsi menyimpan energi untuk dapat menggerakkan kontak gerak (*moving contact*) PMT dalam waktu tertentu sesuai dengan spesifikasinya. Terdapat beberapa jenis sistem penggerak pada PMT, antara lain :

a. Penggerak pegas (*spring drive*), yaitu mekanis penggerak PMT dengan menggunakan pegas (*spring*) ada dua jenis penggerak pegas, yaitu pegas pilin (*helical spring*), PMT jenis ini menggunakan pegas pilin sebagai sumber tenaga penggerak yang di tarik atau di regangkan oleh motor melalui rantai, dan pegas gulung (*scroll spring*), PMT ini menggunakan pegas gulung untuk sumber tenaga penggerak yang di putar oleh motor melalui roda gigi

b. Penggerak Hidrolik

Penggerak mekanik PMT hidrolik adalah rangkaian gabungan dari beberapa komponen mekanik, elektrik dan hidrolik oil yang dirangkai sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi sebagai penggerak untuk membuka dan menutup PMT

c. Penggerak Pneumatic

Penggerak mekanik PMT pneumatic adalah rangkaian gabungan dari beberapa komponen mekanik, elektrik dan udara bertekanan yang dirangkai sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi sebagai penggerak untuk membuka dan menutup PMT.

d. SF₆ Gas Dynamic

PMT jenis ini media memanfaatkan tekanan gas SF₆ yang berfungsi ganda selain sebagai pemadam tekanan gas juga dimanfaatkan sebagai media penggerak. Setiap PMT terdiri dari 3 identik pole, dimana masing – masing merupakan unit yang terdiri dari Interrupter, isolator tumpu, dan power aktuator yang digerakkan oleh gas SF₆ masing – masing pole dalam cycle tertutup..

Pengujian tahanan kontak PMT

Rangkaian tenaga listrik sebagian besar terdiri dari banyak titik sambungan. Sambungan adalah dua atau lebih permukaan dari beberapa jenis konduktor bertemu secara fisik sehingga arus/energi listrik dapat disalurkan tanpa hambatan yang berarti. Pertemuan dari beberapa konduktor menyebabkan suatu hambatan/resistan terhadap arus yang melaluinya sehingga akan terjadi panas dan menjadikan kerugian teknis. Rugi ini sangat signifikan jika nilai tahanan kontakannya tinggi. Sambungan antara konduktor dengan PMT atau peralatan lain merupakan tahanan kontak yang syarat tahanannya memenuhi kaidah Hukum Ohm.(Edmister, J., A., 2016). Pengujian tahanan kontak dilakukan dengan alat ukur tahanan kontak yang terdiri dari sumber arus dan alat ukur tegangan (drop Tegangan pada obyek yang diukur). Dengan sistem elektronik maka pembacaan dapat diketahui dengan baik dan ketelitian yang cukup baik. Digunakannya arus sebesar 100 Amp karena pembagi dengan angka 100 akan memudahkan dalam menentukan nilai tahanan kontak dan lebih cepat. Dalam melakukan pengukuran skala yang digunakan harus diperhatikan jangan sampai arus yang dibangkitkan sama dengan batasan skala sehingga kemungkinan akan terjadi overload dan hasil penunjukan tidak sesuai.

Faktor yang menyebabkan nilai tahanan kontak PMT tinggi yaitu

1. Kontak utama PMT tidak terhubung sempurna karena mekanik tidak bekerja dengan baik. Perbaikan dilakukan dengan memeriksa penggerak mekanik.
2. Permukaan kontak utama cacat/aus akibat gesekan pada saat PMT bekerja sehingga tidak terhubung dengan baik. Dilakukan pergantian PMT.
3. Permukaan terminal kotor akibat flashover pada saat PMT bekerja. Perbaikan dilakukan dengan membersihkan sambungan terminal dengan kertas pasir dan pelumas anti karat.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan pengamatan, pengambilan data dan pengukuran. Penelitian dimulai dengan mengumpulkan data-data dan peralatan yang dibutuhkan dan kemudian melaksanakan pengukuran dengan kebutuhan peralatan sebagai berikut:

Mempersiapkan kebutuhan pekerjaan

Menyiapkan working permit (dokumen izin kerja), job safety analysis (analisis keselamatan kerja), surat perintah kerja, alat kerja dan alat pelindung diri, toolset, tangga, alat uji tahanan kontak dv power(alat pengujian tahanan kontak), *voltage detector*(Memastikan peralatan masih bertegangan atau tidak), helm, sarung tangan, *body harness* (pelindung tubuh) dan sepatu safety (pelindung kaki).

Langkah-langkah Pengujian Tahanan Kontak

1. Pastikan semua peringatan dan petunjuk keselamatan pada buku manual maupun yang dipersyaratkan otoritas setempat telah dilaksanakan dengan dipatuhi dengan baik.
2. Pada alat uji pasang kabel pentanahan alat uji (terminal ground di belakang alat uji) dan tanahkan, lalu pasang kabel *power supply*, kabel arus di terminal injeksi arus, dan kabel tegangan merah dan hitam di terminal voltage sense.
3. Tanahkan PMT pada salah satu sisinya dan PMT dalam kondisi tertutup.
4. Pasang kabel injeksi arus dari port kabel merah besar dan kabel voltage sense warna merah dari peralatan uji ke terminal bagian atas PMT.
5. Pasang kabel injeksi arus dari port kabel hitam besar dan kabel voltage sense warna hitam dari peralatan uji ke terminal bagian bawah PMT.
6. Hubungkan kabel power ke suplai daya 220 VAC.
7. Nyalakan alat uji tombol Power ke posisi ON.
8. Pilih arus pengujian yang digunakan : 100 A dan/atau 200 A dan/atau 300 A dengan menekan tombol keypad arah.
9. Tekan keypad Ω untuk memulai pengujian sampai muncul tulisan “READY”.

Tabel 3. Nameplate PMT bay penghantar Sidikalang-Renun

Type/No Series	ABB/LTB170D1
Rated Voltage	170 kV
Lightning Impuls with volt	750 kV
Power Frekuensi with volt	325 kV
Gas Pressure	+20°C
Max Working Pressure	0,9 MPa
Working Pressure	0,8 MPa
Alarm Signal	0,72 MPa
Blocking	0,7 MPa
Normal Current	3150 A
Breaking Current	40 kA

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan rugi daya yang ditimbulkan tahanan kontak PMT

Setiap pemutus tenaga memiliki nilai tahanan kontak yang berbeda-beda.. Pada pemutus tenaga terdapat arus yang mengalir. Setiap pemutus tenaga memiliki nilai perbedaan sesuai dengan besarnya beban yang terhubung pada saluran pemutus tenaga.

Rugi daya pada PMT bay penghantar Sidikalang-Tele

Rata-rata tahanan kontak saat diinjeksi 100 A, 200 A, dan 300 A. Arus yang diperoleh pada pembacaan arus di panel kontrol.

$$R = 39,5 \mu\Omega$$

$$S = 39,8 \mu\Omega$$

$$T = 38,9 \mu\Omega$$

$$I = 157 \text{ A}$$

Maka,

$$P_{\text{loss fasa R}} = (157)^2 \times (39,5 \times 10^{-6} \Omega) = 0,974 \text{ w} = 0,00974 \text{ kw}$$

$$P_{\text{loss fasa S}} = (157)^2 \times (39,8 \times 10^{-6} \Omega) = 0,981 \text{ w} = 0,00981 \text{ kw}$$

$$P_{\text{loss fasa T}} = (157)^2 \times (38,9 \times 10^{-6} \Omega) = 0,959 \text{ w} = 0,00959 \text{ kw}$$

Rugi daya pada PMT bay Trafo Daya 1

Rata-rata tahanan kontak saat diinjeksi 100 A, 200 A, dan 300 A. Arus didapat pada pembacaan arus di panel control.

$$R = 25,67 \mu\Omega$$

$$S = 32,3 \mu\Omega$$

$$T = 36,8 \mu\Omega$$

$$I = 264 \text{ A}$$

Maka,

$$P_{\text{loss fasa R}} = (264)^2 \times (25,67 \times 10^{-6} \Omega) = 1,789 \text{ w} = 0,01789 \text{ kw}$$

$$P_{\text{loss fasa S}} = (264)^2 \times (32,3 \times 10^{-6} \Omega) = 2,251 \text{ w} = 0,02251 \text{ kw}$$

$$P_{\text{loss fasa T}} = (264)^2 \times (36,8 \times 10^{-6} \Omega) = 2,565 \text{ w} = 0,02565 \text{ kw}$$

Rugi daya pada PMT bay penghantar Sidikalang-Renun

Rata-rata tahanan kontak saat diinjeksi 100 A, 200 A, dan 300 A. Arus didapat pada pembacaan arus di panel control.

$$R = 41,8 \mu\Omega$$

$$S = 43,2 \mu\Omega$$

$$T = 40,3 \mu\Omega$$

$$I = 148 \text{ A}$$

Maka,

$$P_{\text{loss fasa R}} = (148)^2 \times (41,8 \times 10^{-6} \Omega) = 0,916 \text{ w} = 0,00916 \text{ kw}$$

$$P_{\text{loss fasa S}} = (148)^2 \times (43,2 \times 10^{-6} \Omega) = 0,946 \text{ w} = 0,00946 \text{ kw}$$

$$P_{\text{loss fasa T}} = (148)^2 \times (40,3 \times 10^{-6} \Omega) = 0,883 \text{ w} = 0,00883 \text{ kw}$$

Dari hasil perhitungan rugi daya dapat dianalisa bahwa setiap pemutus tenaga pada bay tertentu memiliki nilai tahanan kontak yang berbeda. Perbedaan tersebut mempengaruhi nilai rugi daya yang dihasilkan, semakin besar nilainya maka akan semakin besar pula nilai rugi dayanya. Arus yang mengalir pada penghantar juga berpengaruh pada nilai rugi daya, semakin besar arus yang mengalir maka semakin besar pula nilai rugi dayanya. Lokasi pemutus tenaga juga mempengaruhi nilai rugi daya karena setiap lokasi menerima pembebanan yang bervariasi sehingga arus yang mengalir berbeda. Pada bay trafo daya 1 dan bay penghantar Sidikalang-Renun memiliki perbedaan nilai arus maka rugi daya pada lokasi tersebut juga mengalami perbedaan.

Susut energi pada PMT bay penghantar Sidikalang-Tele

$$P_{\text{loss fasa R}} = 0,00974 \text{ kw}$$

$$P_{\text{loss fasa S}} = 0,00981 \text{ kw}$$

$$P_{\text{loss fasa T}} = 0,00959 \text{ kw}$$

Maka,

$$W_{\text{loss fasa R}} = 0,00974 \text{ kw} \times 720 \text{ jam} = 7,0128 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{loss fasa S}} = 0,00981 \text{ kw} \times 720 \text{ jam} = 7,0632 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{loss fasa T}} = 0,00959 \text{ kw} \times 720 \text{ jam} = 6,9048 \text{ kWh}$$

Susut energi pada PMT bay Trafo Daya 1

$$P_{\text{loss fasa R}} = 0,01789 \text{ kw}$$

$$P_{\text{loss fasa S}} = 0,02251 \text{ kw}$$

$$P_{\text{loss fasa T}} = 0,02565 \text{ kw}$$

Maka,

$$W_{\text{loss fasa R}} = 0,01789 \text{ kw} \times 720 \text{ jam} = 12,8808 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{loss fasa S}} = 0,02251 \text{ kw} \times 720 \text{ jam} = 16,2072 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{loss fasa T}} = 0,02565 \text{ kw} \times 720 \text{ jam} = 18,468 \text{ kWh}$$

Susut energi pada PMT bay penghantar Sidikalang-Renun

$$P_{\text{loss fasa R}} = 0,00916 \text{ kw}$$

$$P_{\text{loss fasa S}} = 0,00946 \text{ kw}$$

$$P_{\text{loss fasa T}} = 0,00883 \text{ kw}$$

Maka,

$$W_{\text{loss fasa R}} = 0,00916 \text{ kw} \times 720 \text{ jam} = 6,5952 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{loss fasa S}} = 0,00946 \text{ kw} \times 720 \text{ jam} = 6,8112 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{loss fasa T}} = 0,00883 \text{ kw} \times 720 \text{ jam} = 6,3576 \text{ kWh}$$

Dari hasil perhitungan energi listrik yang hilang dapat dianalisa bahwa besarnya energi listrik yang hilang dipengaruhi oleh besarnya rugi daya yang dihasilkan pada setiap pemutus tenaga. Semakin besar rugi dayanya maka akan semakin besar pula energi listrik yang hilang. Penentuan waktu yang diasumsikan dapat memudahkan dalam perhitungan energi listrik, karena waktu pada setiap pemutus tenaga dianggap sama. Setiap lokasi pada pemutus tenaga mempengaruhi nilai susut energi listrik, karena setiap lokasi memiliki nilai arus yang berbeda. Semakin besar arusnya maka semakin besar nilai susut energi listrik.

Biaya listrik yang hilang dalam 1 bulan saat susut energi pada PMT bay penghantar Sidikalang-Tele

$$W_{\text{loss fasa R}} = 7,0128 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{loss fasa S}} = 7,0632 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{loss fasa T}} = 6,9048 \text{ kWh}$$

Maka,

$$\text{Biaya fasa R} = 7,0128 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467,28 = \text{Rp } 10.289,74$$

Biaya fasa S = 7,0632 kWh x Rp 1467,28 = Rp 10.363,69

Biaya fasa T = 6,9048 kWh x Rp 1467,28 = Rp 10.131,27

Biaya listrik yang hilang dalam 1 bulan saat susut energi pada PMT bay Trafo Daya 1

Wloss fasa R = 12,8808 kWh

Wloss fasa S = 16,2072 kwh

Wloss fasa T = 18,468 kwh

Maka,

Biaya fasa R = 12,8808 kWh x Rp 1467,28 = Rp 18.899,74

Biaya fasa S = 16,2072 kwh x Rp 1467,28 = Rp 23.780,5

Biaya fasa T = 18,468 kwh x Rp 1467,28 = Rp 27.097,73

Biaya listrik yang hilang dalam 1 bulan saat susut energi pada PMT bay penghantar Sidikalang-Renun

Wloss fasa R = 6,5952 kWh

Wloss fasa S = 6,8112 kWh

Wloss fasa T = 6,3576 kWh

Maka,

Biaya fasa R = 6,5952 kWh x Rp 1467,28 = Rp 9.677

Biaya fasa S = 6,8112 kWh x Rp 1467,28 = Rp 9.993,94

Biaya fasa T = 6,3576 kWh x Rp 1467,28 = Rp 9.328,38

Dari hasil perhitungan biaya listrik maka dapat dianalisa bahwa biaya listrik pada masing-masing pemutus tenaga memiliki perbedaan. Besarnya energi listrik yang hilang mempengaruhi besarnya biaya listrik yang harus dikeluarkan. Semakin besar energi yang hilang maka akan semakin tinggi biaya yang harus dikeluarkan

5. PENUTUP

Kesimpulan

Tahanan kontak PMT rata-rata perphasa pada bay penghantar Sidikalang -Tele, bay Trafo Daya I dan bay penghantar Sidikalang-Renun.masing-masing adalah 39,45 $\mu\Omega$, 31,6 $\mu\Omega$ dan 41,8 $\mu\Omega$. Tahanan kontak tersebut menimbulkan rugi-rugi daya listrik pada masing-masing PMT sebesar 29,14 Watt, 66,05 Watt dan 27,45 Watt. Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya tahanan kontak yang tinggi karena kontak utama PMT tidak terhubung sempurna karena mekanik tidak bekerja dengan baik, Permukaan kontak utama cacat/aus akibat gesekan pada saat PMT, dan permukaan terminal kotor akibat *flashover* pada saat PMT bekerja. Perbaikan dilakukan dengan membersihkan sambungan terminal dengan kertas pasir dan pelumas anti karat

Saran

Perlu dilakukan pemeriksaan dan pemeliharaan tahanan kontak PMT yang rutin dan sebaiknya selain berdasarkan jadwal periodik hendaknya perlu kiranya dipertimbangkan berdasarkan frekuensi kerja buka tutup PMT.

DAFTAR PUSTAKA

PLN, (2014), *Himpunan Buku Petunjuk Batasan Operasi Dan Pemeliharaan Penyaluran Tenaga Listrik Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga*, Jakarta

Nahvi, M., Edmister, J., A., (2016), *Rangkaian Listrik*. Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta

Kadir, A., (1998), *Transmisi Tenaga Listrik*, Universitas Indonesia, Jakarta

Setyawan, A.,(2018), *Analisa Pengaruh Tahanan Kontak Pemutus Tenaga Pada Kopel Busbar Tegangan Tinggi Terhadap Rugi Daya Penghantar di Gardu Induk*, Jakarta