

PENGUJIAN KINERJA PMT 20 kV PADA KUBIKEL NETTO GARDU INDUK PLTMG SENAYAN

Sri Hartanto¹, Reza Pahlavi², Tri Ongko Priyono³

^{1,3}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Krisnadwipayana, Jakarta, Indonesia

²PT PTN Persero, PLTMG Senayan

srihartanto@unkris.ac.id

Abstrak--Pemutus Tenaga (PMT) merupakan suatu sakelar mekanis yang mampu membuka untuk mengalirkan arus dalam kondisi normal dan menutup ketika terjadinya gangguan pada kondisi abnormal, seperti gangguan arus hubung singkat. erusakan pada PMT memiliki pengaruh yang cukup besar dalam pengoperasian sistem tenaga listrik sehingga mengakibatkan kerugian dan sistem operasi tenaga listrik menjadi terganggu. Untuk itu perlu dilakukan pengujian kinerja PMT secara berkala agar dapat memenuhi standar operasi dan meningkatkan kehandalan, menjamin mutu dan menjaga kontinuitas penyaluran tenaga listrik. Penelitian ini dibatasi pada pengujian sebelum dan sesudah operasionalisasi PMT 20 kV Kubikel Netto yang berlokasi di Gardu Induk PLTMG Senayan selama bulan Februari 2023 berupa pengujian tahanan kontak, pengujian tahanan isolasi, pengujian keserempakan, dan pengujian *trip relay*. Dengan pengujian kinerja PMT ini diharapkan dapat menghindarkan kegagalan fungsi yang berakibat pada kerusakan PMT dan komponen lainnya di Gardu Induk Senayan PLTMG.

Kata Kunci: pemutus tenaga; 20 kV; pengujian; kinerja

Abstract— *Circuit Breaker (PMT) is a mechanical switch that is able to open to allow current to flow under normal conditions and close when there is a disturbance under abnormal conditions, such as a short circuit current disturbance. Damage to the PMT has a considerable influence on the operation of the electric power system resulting in losses and the operating system of the electric power being disrupted. For this reason, it is necessary to periodically test PMT performance in order to meet operating standards and improve reliability, guarantee quality and maintain the continuity of electric power distribution. This research was limited to testing before and after the operation of the PMT 20 kV Netto cubicle located at the Gardu Induk Senayan PLTMG during July 2023 in the form of contact resistance testing, insulation resistance testing, simultaneity testing, and trip relay testing. By testing the performance of the PMT, it is hoped that it can prevent malfunctions that result in damage to the PMT and other components at the Gardu Induk Senayan PLTMG.*

Keywords: circuit breaker, 20 kV, testing, performance

1. Pendahuluan

Kualitas dan kontinuitas penyaluran tenaga listrik adalah

faktor penting dalam pendistribusian tenaga listrik sehingga tenaga listrik dapat disalurkan secara handal dan tidak terputus ke pelanggan PLN.

Namun, seringkali ditemukan kurangnya perawatan pada alat instalasi listrik di Gardu Induk berupa alat penyambung yang berfungsi untuk membagi beban dan mengukur *cubicle*. [1]

Gardu Induk merupakan bagian dari sistem penyaluran tenaga listrik yang memiliki peranan penting dalam pendistribusian tenaga listrik. Di dalam gardu induk 20 kV terdapat beberapa komponen peralatan listrik salah satunya Pemutus Tenaga (PMT). Pemutus Tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker* (CB) merupakan suatu sakelar mekanis yang mampu membuka untuk mengalirkan arus dalam kondisi normal dan menutup ketika terjadinya gangguan pada kondisi abnormal, seperti gangguan arus hubung singkat. PMT dapat digunakan untuk menghubungkan dan memutus tenaga listrik pada suatu sistem penyaluran tenaga listrik. Pada prinsipnya ketika sakelar PMT membuka dan menutup maka akan terjadi busur api listrik. Oleh karena itu, PMT memiliki peredam busur api untuk menghindari kerusakan peralatan pada saat menghubungkan dan memutus arus listrik. [2]

Kerusakan pada PMT memiliki pengaruh yang cukup besar dalam pengoperasian sistem tenaga listrik sehingga mengakibatkan kerugian. Selain itu sistem operasi tenaga listrik menjadi terganggu. Untuk itu perlu dilakukan pengujian kinerja PMT secara berkala agar dapat memenuhi standar operasi dan meningkatkan kehandalan, menjamin mutu dan menjaga kontinuitas penyaluran tenaga listrik. [3]

Pengujian kinerja PMT perlu dilakukan khususnya untuk mengetahui kelayakan PMT pada saat pengoperasian. Pengujian kinerja PMT ini berupa pengujian

tahanan kontak, pengujian tahanan isolasi, pengujian Keserempakan, dan pengujian trip. Dengan pengujian kinerja PMT ini diharapkan dapat menghindarkan kegagalan fungsi yang berakibat pada kerusakan PMT dan komponen lainnya di Gardu Induk. [4].

Penelitian mengenai pengujian kinerja PMT 20 kV pada Kubikel Netto Gardu Induk PLTMG Senayan ini dibatasi pada pengujian sebelum dan sesudah operasionalisasi PMT 20 kV Kubikel Netto yang berlokasi di Gardu Induk PLTMG Senayan selama bulan Februari 2023 berupa pengujian tahanan kontak, pengujian tahanan isolasi, pengujian keserempakan, dan pengujian *trip relay*.

2. Landasan Teori

2.1. Gardu Induk

Gardu Induk adalah subsistem dari sistem distribusi (transmisi) tenaga listrik, atau merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sistem distribusi (transmisi). Distribusi (transmisi) merupakan sub-sistem dari sistem tenaga listrik. Artinya, Gardu Induk merupakan subsistem dari sistem tenaga listrik. [5]

Sebagai sub-sistem dari sistem distribusi (transmisi), gardu induk memiliki peranan penting, dalam pengoperasiannya tidak dapat dipisahkan dari sistem distribusi (transmisi) secara keseluruhan.

Gardu induk memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. Mentransformasikan tegangan dari tegangan ekstra tinggi ke tegangan tinggi (500 KV /150 KV).
- b. Mentransformasikan tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan menengah (150 KV/20KV, 70 KV/20 KV).

- c. Untuk pengawasan operasi, pengamanan serta pengukuran sistem tenaga listrik.

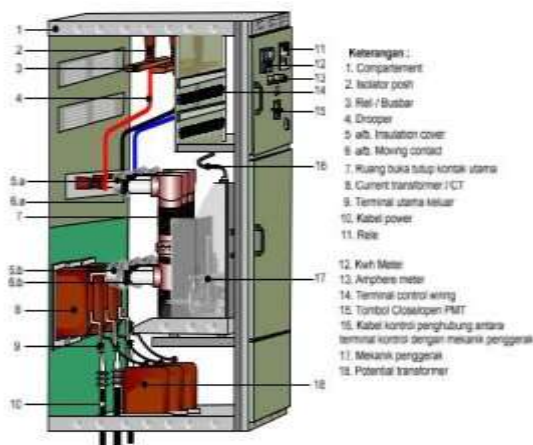
2.2. Kubikel 20 kV

Kubikel merupakan suatu peralatan listrik yang berada di gardu induk yang berfungsi sebagai pemutus, pembagi, penghubung dan *trip relay* sistem penyaluran peralatan tenaga listrik di 20 kV. [7]

Fungsi kubikel tegangan menengah adalah untuk:

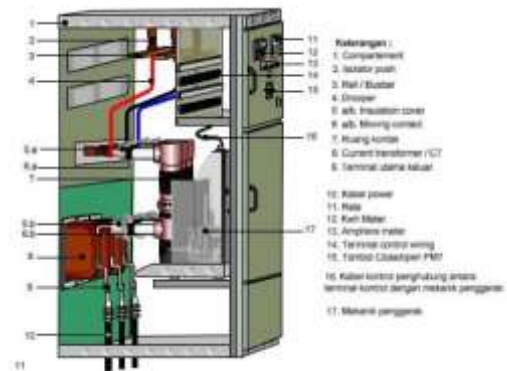
- a. Mengendalikan rangkaian yang dilakukan oleh sakelar utama.
- b. Melindungi rangkaian yang dilakukan menggunakan sekering, sakelar pemisah (PMS), dan Pemutus Tenaga (PMT).
- c. Membagi rangkaian dilakukan dengan pembagian/kelompok (*busbar*).
- d. Mengukur besaran listrik (tegangan, arus, daya, frekuensi, dan lain-lain) yang dilakukan oleh alat pengukur.

Kubikel *Incoming* berfungsi sebagai penghubung dari sisi sekunder trafo daya ke *busbar* 20 kV. Tegangan 20 kV dari sisi sekunder trafo masuk ke dalam *busbar* 20 kV yang berada di dalam kubikel 20 kV.



Gambar 1. Kubikel Incoming 20 kV [7]

Kubikel *Outgoing* merupakan kubikel penghubung antara *busbar* 20 kV yang berada di dalam kubikel dengan jaringan tegangan menengah. Pada Kubikel *Outgoing* terdapat *Circuit Breaker* (CB).



Gambar 2. Kubikel Outgoing 20 kV [7]

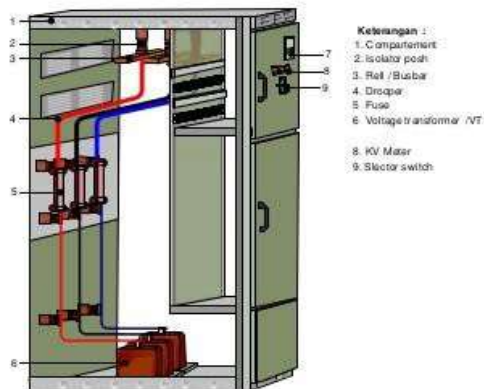
Kubikel *Kopel* merupakan bagian dari jenis kubikel yang berfungsi sebagai penghubung antara rel 1 dengan rel 2.



Gambar 3. Kubikel Kopel 20 kV

Kubikel *Potensial Transformer* (PT) memiliki fungsi sebagai kubikel pengukuran, yang di dalamnya terdapat PMS dan transformator

tegangan yang menurunkan tegangan dari 20 kV menjadi 100v sebagai



penyuplai tegangan pada alat pengukur kwh kubikel.

Gambar 4. Kubikel Potensial Transformer 20 kV [7]

Kubikel pemakaian sendiri (Trafo PS) berfungsi sebagai penghubung dari busbar ke beban Pemakaian Sendiri Gardu Induk.



Gambar 5. Kubikel Pemakaian Sendiri

2.3. Pemutus Tenaga (PMT)

Pemutus Tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker* (CB) merupakan komponen sejenis sakelar mekanis, yang dapat membuka untuk mengalirkan dan menutup untuk menutup aliran arus dalam kondisi normal, mengalirkan arus (dalam

selang waktu tertentu) serta dapat memutus aliran arus dalam kondisi abnormal atau ketika terjadi gangguan seperti hubung singkat (*short circuit*). [8]

PMT terpasang di dalam kompartemen tertutup secara "Withdrawable Circuit Breaker". Mekanik penggerak PMT dapat dengan mudah dimasukkan dan dikeluarkan ke dalam Kubikel untuk keperluan perawatan. [9]

PMT adalah sakelar yang dapat digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan arus/daya listrik sesuai ratingnya. Pada saat memutus/menghubungkan arus/daya listrik akan terjadi busur api listrik. Pemadaman busur api listrik ini dapat dilakukan dengan beberapa macam bahan, yaitu: minyak, udara atau gas.

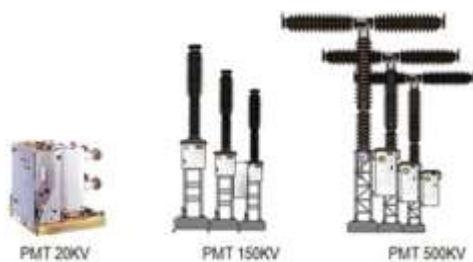
PMT tegangan menengah pada Gardu Induk umumnya dirancang untuk dikeluarkan dari *chamber* dengan cara ditarik sehingga PMT dan mekanik penggeraknya dapat dengan mudah dilepas/dimasukkan untuk keperluan perawatan. PMT dari pabrik dan dengan rating yang sama, memiliki konstruksi dan perakitan yang sama sehingga dapat berpindah antara *booth* dan hanya membutuhkan satu cadangan PMT untuk PMT dengan rating yang sama.

Selama operasi, semua bagian aktif ditutupi dengan pelindung logam yang dibumikan untuk memastikan bahwa operator aman selama operasi.

Pemutus Tenaga (PMT) dapat dibagi menjadi beberapa jenis, antara lain berdasarkan rating/tegangan nominal, jumlah mekanik penggerak, insulasi media, dan proses pemadaman busur jenis gas SF₆.

PMT dapat dibedakan berdasarkan besar/kelas Tegangan menjadi PMT tegangan rendah (*Low*

Voltage) dengan kisaran tegangan 0.1 s/d 1 kV (SPLN 1.995-3.3), PMT tegangan menengah (*Medium Voltage*) dengan kisaran tegangan 1 s/d 35 kV (SPLN 1.1995-3.4), PMT tegangan tinggi (*High Voltage*) dengan kisaran tegangan 35 s/d 245 kV (SPLN 1.1995-3.5), PMT tegangan ekstra tinggi (*Extra High Voltage*) dengan kisaran tegangan lebih besar dari 245 kVAC (SPLN 1.1995-3.6).



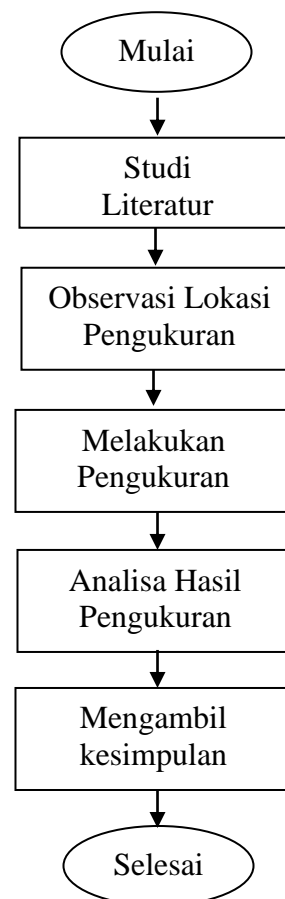
Gambar 6. Klasifikasi PMT

Konstruksi Pemutus Tenaga (PMT) tersusun dari ruang media kontak, yaitu tempat memutus/menghubungkan rangkaian arus listrik sekaligus sebagai tempat pemadaman busur api. Pada ruang media kontak ini terdapat kontak gerak, kontak tetap, media pemadam busur api. Pengujian pada PMT dilakukan untuk mengukur nilai tahanan kontak, nilai tahanan isolasi, keserempakan, dan pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi kelayakan pada PMT. [10]

3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di PT PLN (Persero) UP2D Jakarta Gardu Induk PLTMG Senayan di Jalan Tentara Pelajar RT.7/RW.7, Grogol Utara, Kecamatan Kebayoran Lama, Jakarta, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12210. Penelitian dilakukan ada bulan Februari 2023 dengan beberapa tahapan, seperti diperlihatkan dalam Gambar 7, yaitu:

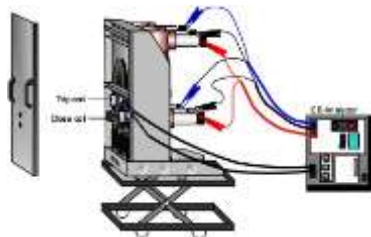
1. Studi Literatur dengan mengumpulkan teori-teori.
2. Observasi ke lokasi pengujian dengan melakukan pemeriksaan terkait gangguan telat trip pada PMT 20 kV Kubikel Netto.
3. Pengukuran tahanan kontak, tahanan isolasi, pengujian keserempakan, dan pengujian *trip relay* pada PMT Kubikel Netto dan melakukan pengukuran *partial discharge* terminasi kabel.
4. Menganalisa data hasil pengukuran dan memberikan kesimpulan terkait hasil pengujian yang dilakukan untuk dapat mengetahui kelayakan PMT Jakarta Gardu Induk PLTMG Senayan.



Gambar 7. Bagan Alir Metode Penelitian

Metode pengukuran tahanan kontak yang diperlihatkan dalam Gambar 8 adalah sebagai berikut:

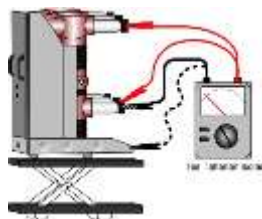
1. Memposisikan kabel alat uji sesuai dengan kontak PMT (atas-bawah).
2. Memposisikan kontak PMT 20 kV dalam keadaan masuk (*close*).
3. Memasang kabel untuk pentanahan (*Grounding*).
4. Melakukan pengujian dengan *inject* arus 100 A secara bergantian R, S, dan T.



Gambar 8. Pengukuran Tahanan Kontak

Metode pengukuran tahanan isolasi yang diperlihatkan dalam Gambar 9 adalah sebagai berikut:

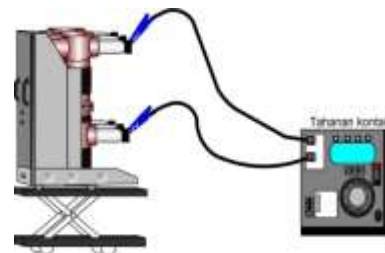
1. Memposisikan kontak PMT 20 kV dalam keadaan keluar (*open*).
2. Memposisikan kabel alat uji sesuai dengan kontak PMT 20 kV.
3. Mengecek kontak fase atas-bawah (Ra-Rb, Sa-Sb, Ta-Tb).
4. Mengecek kontak fase atas (Ra, Sa, Ta)-*Ground*.
5. Mengecek kontak fase bawah (Rb, Sb, Tb)-*Ground*.
6. Mengukur tahanan isolasi dengan *inject* 5 kV.



Gambar 9. Pengukuran Tahanan Isolasi

Metode pengujian keserempakan yang diperlihatkan dalam Gambar 10 adalah sebagai berikut:

1. Memposisikan kabel alat uji telah terpasang pada semua kontak PMT.
2. Memposisikan kabel (+) dan (-) sesuai pada selector *switch trip coil* dan *close coil*.
3. *Closing Time* (kondisi PMT Off/Open): posisikan *switch sequence* pada kondisi *Close* (C)
4. *Opening Time* (kondisi PMT On/Close): posisikan *switch sequence* pada kondisi *Open* (O).



Gambar 10. Pengujian Keserempakan

Metode pengujian *trip relay* yang diperlihatkan dalam Gambar 11 adalah sebagai berikut:

1. Memposisikan kontak PMT 20 kV dalam keadaan keluar (*open*).
2. Memasang kabel ke dalam tes blok.
3. Melakukan pengujian dengan settingan yang diambil dari *relay*.



Gambar 11. Pengujian Trip Relay

4. Hasil dan Pembahasan

Tahanan kontak terjadi di titik temu beberapa konduktor yang menyebabkan hambatan/resistan. Tujuan pengukuran tahanan kontak adalah untuk mengetahui nilai tahanan kontak minimal agar PMT dapat beroperasi dengan baik.

Tabel 1. Pengukuran Tahanan Kontak

Kubikel		Tahanan Kontak ($\mu\Omega$)		
		R	S	T
Sebelum	Netto	225,9	221	220
		25,8	24,1	24,4

Dari tabel 1 dapat dilihat hasil tahanan kontak PMT 20 kV Kubikel Netto yang diperoleh pada fasa R, S, dan T cukup jauh berbeda sebelum dan sesudah dilakukan perawatan, artinya alat kontak PMT yang terpasang saat sebelum dilakukan perawatan dalam kondisi kurang baik dan sangat baik dan aman pada saat sesudah dilakukan perawatan. Nilai yang diperoleh sebelum dilakukan perawatan melebihi standar yang telah di tentukan yaitu di atas $\leq 100\mu\Omega$, maka perlu dilakukan perbaikan pada klem-klem jepitan dan membersihkan permukaan kontak, lalu melakukan pengujian ulang. Sesudah dilakukan perawatan, nilai yang di peroleh masih di bawah standar yang telah ditentukan yaitu di bawah $\leq 100\mu\Omega$ dan di kategorikan sangat baik dan aman

Pengujian tahanan isolasi bertujuan untuk mencegah terjadinya arus bocor pada belitan yang dapat menyebabkan gangguan pada PMT

Tabel 2. Pengukuran Tahanan Isolasi Sebelum Perawatan

Tahanan Isolasi	Sebelum Perawatan ($M\Omega$)		
	R	S	T
A-B	492	774	940
A-GROUND	85,4	87,1	85,2
B-GROUND	365	336	345

Tabel 3. Pengukuran Tahanan Isolasi Sesudah Perawatan

Tahanan Isolasi	Sesudah Perawatan ($G\Omega$)		
	R	S	T
A-B	129,8	132,2	120,5
A-GROUND	138,1	153,1	110
B-GROUND	168,7	131,6	134,8

Pada dasarnya, pengujian tahanan isolasi PMT adalah untuk mengetahui besar nilai kebocoran arus yang terjadi antara terminal atas, terminal bawah, dan ground. Posisi PMT pada saat pengujian tahanan isolasi adalah dalam keadaan keluar (*open*). Pada pengujian tahanan isolasi ini terdapat 3 titik ukur pengujian yaitu titik ukur antara terminal atas dengan bawah, titik ukur antara terminal atas dengan ground, dan titik ukur antara terminal bawah dengan ground.

Batasan tahanan isolasi PMT sesuai standar VDE (*catalogue 228/4*) *minimal besarnya tahanan isolasi pada suhu operasi dihitung "1 kilo volt = 1 Mega Ohm"*. Kebocoran arus yang diizinkan setiap kV = 1 mA. Dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 setelah diperoleh nilai tahanan isolasinya maka dapat diitung arus bocornya dengan cara tegangan di bagi tahanan isolasi, dengan tegangan *inject* 5000 volt.

Dari data hasil pengujian menunjukkan bahwa di setiap fase memiliki nilai kemampuan isolasi

yang berbeda-beda. Hal tersebut dapat terjadi akibat dipengaruhi oleh kondisi pada masing-masing isolator. Jika pada isolator terdapat banyak kotoran atau debu yang menempel akan mempengaruhi kemampuan pada isolasinya. Akan tetapi perbedaan nilai tersebut tidak berpengaruh kepada PMT selama hasil atau nilai yang didapat masih diatas standar yang telah ditentukan.

Hasil Pengujian tahanan isolasi PMT Kubikel Netto pada fase R, S, dan T masing-masing masih berada diatas 20 MΩ maupun sebelum dan sesudah dilakukan perawatan, dan dikategorikan baik dan aman sesuai standar VDE (catalogue 228/4) untuk dioperasikan kembali. Rata-rata nilai yang diperoleh jauh dibawah nilai kebocoran arus yang diizinkan yaitu 1kV = 1 mA

Pengujian untuk mengetahui kecepatan waktu kerja dan keserempakan kontak PMT ketika PMT bekerja untuk buka/tutup kontak pada tiap fasenya. Pengukuran keserempakan ini bertujuan untuk menghindari lonjakan arus beban pada fase yang memiliki waktu keserempakan tertinggi pada salah satu fase.

Tabel 4. Pengukuran Keserempakan Sebelum Perawatan

Keserempakan		Sebelum Perawatan (ms)		
		R	S	T
Buka	Netto	43,05	43	41,55
Tutup		54,4	54,15	54,75

Tabel 5. Pengukuran Keserempakan Sesudah Perawatan

Keserempakan		Sesudah Perawatan (ms)		
		R	S	T
Buka	Netto	43,1	43,25	43,4
Tutup		52,35	52,05	52,2

Dari hasil pengujian yang didapatkan pada PMT 20 kV Kubikel Netto diperoleh hasil sebelum dilakukan perawatan perhitungan *delta time* atau selisih waktu pada saat PMT *Open* yaitu sebesar 1,45 ms, dan pada saat PMT *Close* sebesar 0,6 ms. sedangkan hasil sesudah dilakukan perawatan perhitungan *delta time* atau selisih waktu pada saat PMT *Open* 0,3 ms, dan pada saat PMT *Close* sebesar 0,3 ms, yang berarti hasil keserempakan Kubikel Netto lebih baik ketika sesudah dilakukan perawatan. Menurut SPLN dan referensi pabrikan ABB, sebelum dan sesudah dilakukan perawatan untuk hasil uji keserempakan dikategorikan sama-sama baik dan aman untuk dioperasikan kembali.

Pengujian fungsi *trip relay* bertujuan untuk memastikan sistem proteksi *relay* pada kubikel masih berfungsi dengan baik atau tidak karena *relay* berfungsi memerintahkan PMT untuk *trip* ketika terjadi gangguan pada kubikel. Pada pengujian ini di lakukan uji *trip relay* dan waktu *trip* OC, MOC, GF & MGF dengan Alat Relay Test Set.

Tabel 6. Pengukuran Trip Relay Sebelum Perawatan

UJI	2X (sec)	3X (sec)	5X (sec)	MOMENT (sec)
OC	1,612	0,975	0,665	0,154
GF	1,236	0,795	0,585	0,143

Tabel 7. Pengukuran Trip Relay Sesudah Perawatan

UJI	2X (sec)	3X (sec)	5X (sec)	MOMENT (sec)
OC	1,498	0,932	0,645	0,135
GF	1,195	0,778	0,565	0,125

Dari hasil pengujian yang didapatkan untuk PMT Kubikel Netto diperoleh hasil sebelum dilakukan perawatan dikategorikan berbeda dengan settingan yang ditetapkan oleh *relay* tersebut dengan 2x arus setting OC mencapai 1.612 (sec) yang melebihi waktu yang telah ditetapkan oleh settingan *relay* maka bisa dikatakan yang menyebabkan PMT tersebut gangguan. Dan pada saat sesudah dilakukan perawatan hasil uji proteksi atau uji *relay* ini dikategorikan aman karena untuk 2x arus setting OC mencapai = 1.498 (sec) masih di bawah settingan yang ditetapkan oleh *relay*.

5. Kesimpulan

Dari penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa dengan adanya perawatan, maka nilai tahanan kontak, nilai tahanan isolasi, keserempakan dan trip relay menunjukkan kondisi PMT 20 KV Kubikel Netto yang baik dan gangguan yang mungkin muncul pada PMT 20 KV Kubikel Netto dapat dihindari.

Daftar Pustaka

- [1] Anoname. 1978. Standar Perusahaan Umum Listrik Negara-Pembagian Tugas Kelompok-Kelompok Pembakuan. Jakarta. PT PLN (PERSERO).
- [2] Anoname. 2014. Himpunan Buku Pedoman Perawatan Peralatan Primer Gardu Induk. Jakarta, PT PLN (PERSERO).
- [3] Anoname. 2009. Himpunan Buku Petunjuk Batasan Operasi Dan Perawatan Penyaluran Tenaga Listrik-Buku Pedoman Perawatan Pemutus Tenaga. PT PLN (PERSERO).
- [4] Wiharja, Ujang. 2019. Analisa Pengujian Transformator 2 MVA. Jurnal Elektrokrisna Vol. 7 No. 2, Februari 2019, pp. 57-67
- [5] Gunawan, Samuel Marco., Sentosa, Julius. 2013. Analisa Perancangan Gardu Induk Sistem Outdoor 150 kV di Tallasa, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Jurnal Dimensi Teknik Elektro Vol.1 No.1, pp 37-42
- [6] Anoname. 2014. Buku Pedoman Perawatan Pemutus Tenaga. PT PLN (PERSERO).
- [7] Anoname. 2013. Buku Pedoman Perawatan Pemutus Tenaga. PT PLN (PERSERO)..
- [8] Effendi, Bryan Aditya. 2020. Pengujian Tahanan Isolasi Pada Perawatan Pemutus Tenaga (Pmt) Kubikel Outgoing 20 Kv Menggunakan Insulation Tester Di Gardu Induk Bantul PT. PLN (Persero) UP2D JTY DCC 2 Yogyakarta, Jurnal Kajian Teknik Elektro (JKTE) Vol 5, No 2, pp. 126-140, DOI: <https://doi.org/10.52447/jkte.v5i2.1435>
- [9] Susanto, A, Kurnianto, R, & Rajagukguk. M. 2014. Analisa Kelayakan Pemutus Tenaga (PMT) 150 kV Berdasarkan Hasil Uji Tahanan Kontak, Tahanan Isolasi, Dan Keserempakan Kontak Di Gardu Induk Singkawang, Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology. Vol. 2, No. 1, pp. 1-8.