

Analisis Kelayakan Pemutus Tenaga Bay Trafo 2 Berdasarkan Hasil Uji Shutdown Measurement Di Gardu Induk 150 KV Kenjeran Surabaya

Dewangga Arsyi Saputra

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: dewangga.18076@mhs.unesa.ac.id

Joko, Achmad Imam Agung, Subuh Isnur Haryudo

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: joko@unesa.ac.id, achmadimam@unesa.ac.id, subuhisnur@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah pemutus tenaga bay transformator 2 masih layak digunakan atau tidak. Standard besar nilai yang dihasilkan pada *shutdown measurement* sudah ditetapkan pada SKDIR 0520-2.K/DIR/2014 yaitu pada pengujian tahanan isolasi 1 KV sebesar 1 M Ω dan kebocoran arus yang diperbolehkan setiap 1 KV sebesar 1 mA, pada pengujian tahanan kontak tidak boleh melebihi 50 $\mu\Omega$, dan pada pengujian keserempakan kontak nilai Δt tidak boleh melebihi 10 ms. Metode penelitian yang digunakan menggunakan metode penelitian survey dengan pendekatan kuantitatif. Survey dilaksanakan di Gardu Induk 150 KV Kenjeran Surabaya untuk melakukan dan mengambil data hasil *shutdown measurement* yang dilakukan pada PMT Bay transformator 2. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dengan cara membandingkan hasil dengan standart yang tertera didapatkan bahwa PMT Bay transformator 2 pada Gardu Induk 150 KV Kenjeran Surabaya masih dalam keadaan baik atau masih layak digunakan karena hasil analisis tahanan isolasi kebocoran arus 0,00007 mA - 0,0012 mA, hasil analisis tahanan kontak sebesar 32,25 $\mu\Omega$ - 33 $\mu\Omega$, hasil analisis keserempakan kontak sebesar 0,1 ms - 2,05 ms. Penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi PT. PLN (Persero) untuk mengetahui kelayakan pemutus tenaga.

Kata Kunci: Pemutus Tenaga, Gardu Induk, *Shutdown Measurement*.

Abstract

Focus of this research is to establish whether or not circuit breaker bay transformer 2 is still useful. A allowable leakage current for 1 KV is 1 mA, and insulation resistance test value for 1 KV is 1 Mega Ohm. A contact resistance test value is below 50 $\mu\Omega$, and value of Δt for 1 is 10 ms. These values represent standard value of shutdown measurement that has been established in SKDIR 0520-2.K/DIR/2014. A quantitative survey research method was used in this research. This research was done and PMT Bay Transformer 2 shutdown measurement results were obtained at 150 KV Kenjeran Substation in Surabaya. Based on results of a data analyzed by comparing results with standards, it was determined that PMT Bay transformer 2 at 150 KV Substation Kenjeran Surabaya is still in good condition or still suitable for use because insulation resistance of a leakage current is between 0,0007 and 0,0012 mA, a contact resistance is between 32 and 33, and simultaneous contact is between 0,001 and 2,05 ms. This study can be consulted by PT. PLN (Persero) to see whether PMT is still feasible to used.

Keyword: Circuit Breaker, Substation, Shutdown Measurement.

PENDAHULUAN

Gardu induk ialah sebuah bagian dari sistem tenaga listrik yaitu transmisi dan distribusi listrik. Pemutus tenaga merupakan salah satu peralatan utama dengan fungsi menyambungkan dan memutuskan arus beban atau arus gangguan. Kerusakan atau tidak maksimalnya komponen di gardu induk sangat merugikan bagi keseluruhan operasional sistem tenaga listrik. Maka dari itu perlu melakukan pengujian atau pemeliharaan pada setiap komponen yang ada pada gardu induk tersebut (Susanto, 2021).

Pengujian pada pemutus tenaga adalah tindakan yang dilakukan untuk mengetahui kelayakan serta untuk mempertahankan kondisi. Adapun pengujian yang dilaksanakan pada pemutus tenaga bay transformator 2 pada gardu induk 150 KV Kenjeran Surabaya ialah *shutdown measurement*.

Pengujian tersebut terdiri dari pengukuran tahanan isolasi, pengukuran tahanan kontak, dan pengukuran keserempakan kontak. Untuk mengetahui masih layak atau tidaknya suatu pemutus tenaga adalah hasil yang dihasilkan setelah

shutdown measurement selesai dilakukan tidak boleh melebihi standart yang sudah tertera.

Pengukuran tahanan isolasi untuk menghitung berapa besar kebocoran arus pada pemutus tenaga. Pengukuran tahanan kontak untuk menghitung berapa rugi daya yang terjadi pada pemutus tenaga tersebut. Sementara pengukuran keserempakan kontak dilakukan untuk menghitung berapa besar perbedaan waktu antar kontak pada saat *open* maupun *close* (Pranomo, 2019).

Sesuai dengan judul penelitian “Analisis kelayakan pemutus tenaga bay trafo 2 berdasarkan hasil uji *shutdown measurement* di gardu induk 150 KV Kenjeran Surabaya” sehingga dapat dirumuskan masalah penelitian yaitu apakah pemutus tenaga bay transformator 2 pada gardu induk 150 KV Kenjeran Surabaya masih layak untuk digunakan. Dari rumusan masalah yang ada, dapat diambil tujuan penelitian yaitu mengetahui apakah pemutus tenaga bay transformator 2 pada gardu induk 150 KV Kenjeran Surabaya masih layak digunakan atau tidak.

KAJIAN PUSTAKA

Macam-macam Pemutus Tenaga

- PMT tegangan rendah memiliki besar tegangan 100 s/d 1000 V.
- PMT tegangan menengah memiliki besar tegangan 1000 s/d 35.000 V.
- PMT tegangan tinggi memiliki besar tegangan 35.000 s/d 245.000 V.
- PMT tegangan ekstra tinggi memiliki besar tegangan 245.000 s/d 500.000 V.

Jenis Isolator Pemutus Tenaga

- Isolator Minyak
- Isolator Udara Hembus
- Isolator Vakum
- Isolator Gas SF6

Shutdown Measurement

Shutdown measurement ialah pengujian atau pemeliharaan yang dilaksanakan dalam periode dua tahun sekali. Pengujian pemutus tenaga (PMT) merupakan tindakan untuk mempertahankan kondisi PMT sebagaimana fungsinya sehingga dapat dicegah terjadinya kerusakan pada PMT tersebut. (Susanto, 2021). Berikut ialah beberapa fungsi dari *shutdown measurement*.

- Menjaga keunggulan pemutus tenaga.
- Menjaga kestabilan kondisi pemutus tenaga.

- Meminimalisir kegagalan kerja pada peralatan.
- Meminimalisir kerusakan pada pemutus tenaga.

Standard Operational Procedure (SOP)

Dalam melakukan suatu pekerjaan pasti terdapat suatu ketentuan untuk melaksanakan pekerjaan tersebut, hal itu adalah yang dimaksud dengan *standard operational procedure* (SOP). Berikut merupakan SOP untuk melakukan *shutdown measurement* (Rusdjaja, dkk, 2014).

- Telah mendapatkan Surat Perintah Kerja (SPK).
- Menyiapkan perlengkapan K3 seperti helm safety, sarung tangan safety, dll.
- Menyiapkan perlengkapan alat uji *shutdown measurement*.
- Melaksanakan pengukuran tahanan isolasi pada kontak-kontak PMT.
- Melakukan pengukuran tahanan kontak PMT.
- Melakukan pengukuran keserempakan kontak PMT.

Spesifikasi Pemutus Tenaga

Spesifikasi pemutus tenaga bay transformator 2 yang akan dilakukan *shutdown measurement* data diambil di PT. PLN Gardu Induk 150 KV Kenjeran Surabaya ditunjukkan pada Tabel 1.

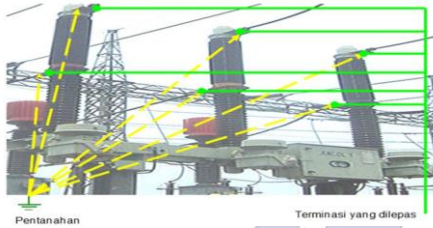
Tabel 1. Spesifikasi PMT Yang Diuji

Spesifikasi	
Merk	SIEMENS
Type	3AQ1
Year Of Construction/No	94/K35012611
Rated Voltage	170 KV
Rated Lightning Impulse Withstand Voltage	750 KV
Rated Power Frequency Withstand Voltage	325 KV
Rated Frequency	50 Hz
Rated Normal Current	1.250 A
Rated Duration Of Short-circuit	3 S
Rated Short-Circuit Breaking Current	40 KA
Rated Duration Of Short Circuit	1s
Rated Out Of Phase Breaking Current	10 KA
First Pole To Clear Factor	1.5
Rated Line Charging Breaking Current	63 A
Rated Operating sequence	O-0.3s-CO-180-CO
Pressure Range Of Motor Drive	250...375 bar
Rated Pressure Of SF6 At 20 °C	8.0 bar
Weight Of SF6 Filling	11,2 kg
Weight Including SF6	2010 kg
Temperature Class	-25 +50 °C

Pengukuran Tahanan Isolasi

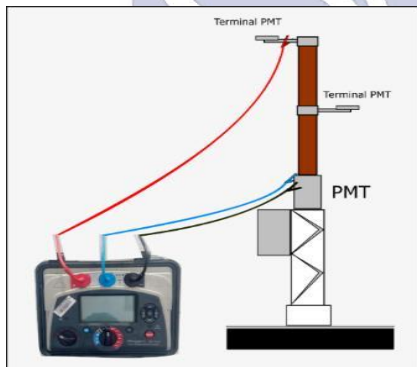
Pengukuran tahanan isolasi dilaksanakan guna mengukur berapa nilai kebocoran arus yang terjadi. Batasan tahanan isolasi ialah 1 KV sebesar 1 M Ω , arus bocor yang diperbolehkan setiap 1 KV sebesar 1 mA (Rusdjaja, dkk, 2014). Berikut merupakan proses pengukuran tahanan isolasi.

- Melakukan pemasangan *local grounding*, pemasangan *local grounding* ditunjukkan pada Gambar 1.



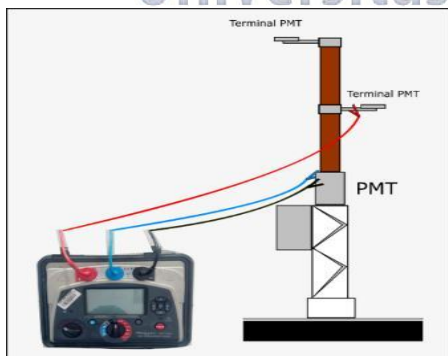
Gambar 1. Pemasangan Local Grounding (Sumber: Rusdjaja, dkk, 2014)

- Melaksanakan pengukuran tahanan isolasi terminal atas-*ground* ditunjukkan pada Gambar 2 dan mencatat hasilnya.



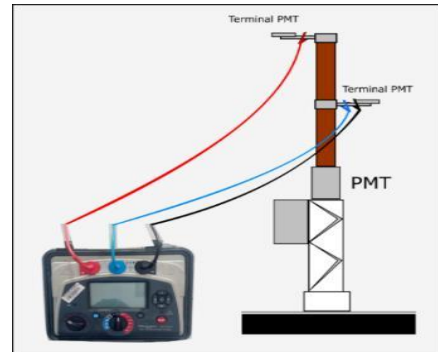
Gambar 2. Pengujian Tahanan Isolasi Terminal Atas-Ground (Sumber: Susanto, 2021)

- Melaksanakan pengukuran tahanan isolasi bagian bawah-*ground* ditunjukkan pada Gambar 3 dan mencatat hasilnya.



Gambar 3. Pengujian Tahanan Isolasi Terminal Bawah-Ground (Sumber: Susanto, 2021)

- Melaksanakan pengukuran tahanan isolasi bagian atas-bawah ditunjukkan pada Gambar 4 dan mencatat hasilnya.

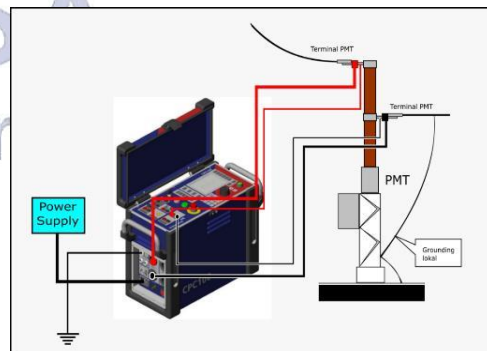


Gambar 4. Pengujian Tahanan Isolasi Terminal Bawah-Ground (Sumber: Susanto, 2021)

Pengukuran Tahanan Kontak

Pengukuran tahanan kontak dilaksanakan guna mengukur nilai resistansi yang mengakibatkan adanya rugi daya. Sesuai dengan standart tahanan kontak adalah tidak melebihi 50 $\mu\Omega$ (Fikri, dkk, 2021). Berikut merupakan proses pengukuran tahanan kontak.

- Melakukan *grounding* pada pemutus tenaga yang akan dilakukan pengujian.
- Memasangkan kabel berwarna merah (+) pada terminal atas PMT.
- Memasangkan kabel berwarna hitam (-) pada terminal bawah PMT.
- Memilih inject arus pada alat ukur sebesar 100 A.
- Memulai melakukan pengujian dan mencatat hasilnya. Pengukuran tahanan kontak ditunjukkan pada Gambar 5.

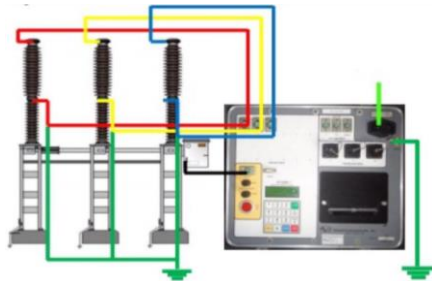


Gambar 5. Pengujian Tahanan Kontak (Sumber: Susanto, 2021)

Pengukuran Keserempakan Kontak

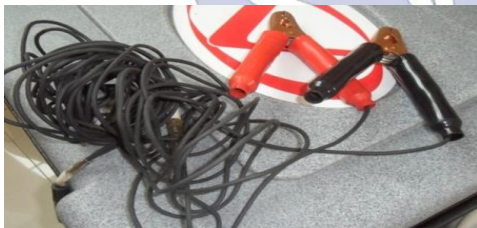
Pengukuran keserempakan kontak dilaksanakan bertujuan guna mengetahui keserempakan antar fasa saat membuka maupun menutup. Sangat diperlukan

pengukuran untuk memperoleh perbedaan waktu antar fasa untuk menghindari gangguan pada sistem. Berdasarkan standart untuk pemutus tenaga 150 KV di bawah 120 ms. Sementara untuk nilai Δt sebesar 10 ms (Susanto, 2021). Proses pengukuran keserempakan kontak ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian Tahanan Kontak (Sumber: Susanto, 2021)

Kabel konektor disambungkan pada terminal atas dan bawah, pada gambar 17 digambarkan oleh garis berwarna merah untuk fasa R, garis berwarna kuning untuk fasa S, dan garis berwarna biru untuk fasa T (Pambudi dan Hermawan 2014). Kabel konektor untuk menghubungkan dari alat ukur ke terminal PMT ditunjukkan pada Gambar 7.



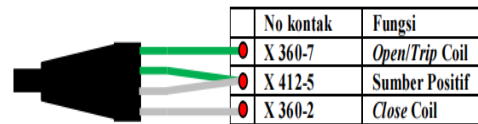
Gambar 7. Kabel Konektor Alat Ukur ke terminal. (Sumber: Firdaus dan Hidayat, 2021)

Kabel konektor yang digunakan terdapat 2 konektor berwarna merah dan hitam. Konektor itu nantinya akan dipasangkan pada terminal atas dan bawah. Konektor berwarna merah akan dipasangkan pada terminal atas dan konektor berwarna hitam akan dipasangkan pada terminal bawah. Pada slot konektor kabel *initiate* pada gambar 17 ditunjukkan garis berwarna hitam akan dihubungkan ke lemari kontrol (Firdaus dan Hidayat, 2021). Kabel *initiate* ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Kabel Initiate (Sumber: Firdaus dan Hidayat, 2021)

Kabel hijau adalah *tripping coil* dan kabel putih adalah *closing coil*. Kabel *initiate* akan disambungkan ke lemari kontrol yaitu pada kontak sumber, *tripping*, dan *closing*. Pemasangan kabel *initiate* pada lemari kontrol PMT ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Pemasangan Kabel Initiate ke Lemari Kontrol. (Sumber: Pambudi dan Hermawan, 2014)

METODE

Penelitian yang dilaksanakan menggunakan metode penelitian survey untuk melakukan penelitian dan pengambilan data dengan perhitungan penelitian kuantitatif.

Data yang diambil berupa hasil uji *shutdown measurement* yang telah dilakukan. Teknik analisis data dengan cara membandingkan hasil uji dengan standart yang tertera dengan menggunakan rumus pada persamaan yang sudah ditetapkan pada buku PLN pedoman pemeliharaan PMT. Analisis perhitungan tahanan isolasi menggunakan rumus pada persamaan (1), analisis perhitungan tahanan kontak menggunakan rumus pada persamaan (2), dan analisis perhitungan keserempakan kontak menggunakan rumus pada persamaan (3) (Rusdjaja, dkk, 2014). Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 10.

$$I = V \div R \quad (1)$$

Keterangan:

$$I = \text{Arus (mA)}$$

$$V = \text{Tegangan (V)}$$

$$R = \text{Tahanan } (\Omega)$$

$$W = I^2 \times R \quad (2)$$

Keterangan:

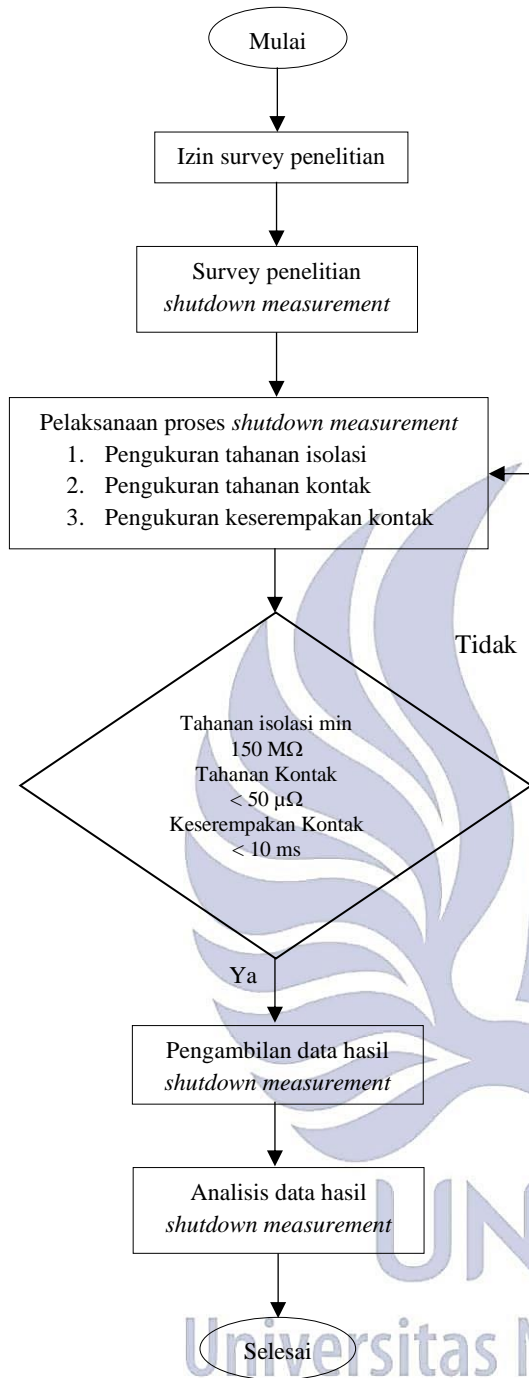
$$W = \text{Daya (Watt)}$$

$$\Delta t = \text{waktu tertinggi} - \text{waktu terendah} \quad (3)$$

Keterangan:

$$\Delta t = \text{Selisih waktu tertinggi dengan terendah (ms)}$$

Analisis Kelayakan Pemutus Tenaga Bay Trafo 2 Berdasarkan Hasil Uji Shutdown Measurement



Gambar 10. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN
Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi

Pengukuran tahanan isolasi dilakukan dengan menggunakan alat ukur Megger Kyoritsu 3125A dengan tegangan yang diinput sebesar 5 KV. Hasil pengukuran tahanan isolasi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi

Titik Ukur	Standart	Hasil Pengukuran (MΩ)		
		R	S	T
Atas-Ground	SK DIR 0520	4070	6600	8900
Bawah-Ground	1 KV = 1MΩ	57400	25400	18100
Atas-Bawah		16100	12100	63500

Dari hasil pengukuran tahanan isolasi yang ditunjukkan oleh Tabel 2 bahwa hasil tahanan isolasi masih sesuai dengan standart yaitu untuk PMT 150 KV minimal tahanan isolasinya sebesar 150 MΩ. Setelah didapatkan hasilnya, kita dapat mengukur berapa arus bocor yang terjadi pada setiap terminal dan setiap fasa dengan menggunakan rumus pada persamaan (1). Dengan nilai tegangan yang digunakan pada saat melakukan pengujian yaitu sebesar 5 KV (Rusdjaja, dkk, 2014).

Analisis perhitungan yang dilakukan dengan rumus persamaan (1) untuk Terminal atas-ground fasa R didapatkan hasil sebesar 0,0012 mA, untuk fasa S didapatkan hasil sebesar 0,0007 mA, untuk fasa T didapatkan hasil sebesar 0,0005 mA. Untuk analisis perhitungan Terminal bawah-ground fasa R didapatkan hasil sebesar 0,00008 mA, untuk fasa S didapatkan hasil sebesar 0,0001 mA, untuk fasa T didapatkan hasil sebesar 0,0002 mA. Untuk analisis perhitungan Terminal atas-bawah fasa R didapatkan hasil sebesar 0,0003 mA, untuk fasa S didapatkan hasil sebesar 0,0004 mA, untuk fasa T didapatkan hasil sebesar 0,00007 mA.

Dari hasil analisis yang didapatkan bahwa nilai arus bocor yang didapatkan tidak ada yang melebihi standart yang sudah ditetapkan yaitu 1 KV sebesar 1 mA (Rusdjaja, dkk, 2014). Hasil analisis ini memperkuat hasil analisis sebelumnya oleh Ari Susanto “Analisa kelayakan pemutus tenaga (PMT) 150 KV berdasarkan hasil uji tahanan isolasi, tahanan kontak dan keserempakan kontak di gardu induk singkawang” (2021) bahwa hasil pengukuran tahanan isolasi arus bocor yang dianalisis tidak ada yang melebihi standart yaitu di bawah 1 mA.

Hasil Pengukuran Tahanan Kontak

Pengukuran tahanan kontak dilakukan dengan menggunakan alat ukur Micro Ohm Meter Mjolner 600 dengan arus yang diinputkan sebesar 100 A. Hasil pengukuran tahanan kontak ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tahanan Kontak

Titik Ukur	Standart	Hasil Pengukuran ($\mu\Omega$)		
		R	S	T
Atas-Bawah	SK DIR 0520 50 $\mu\Omega$ per titik	32,25	32,38	33

Dari hasil pengukuran tahanan kontak yang ditunjukkan oleh Tabel 3 tidak ada yang melebihi standart yang sudah ditetapkan yaitu tidak boleh melebihi 50 $\mu\Omega$. Setelah hasil uji tahanan kontak sudah didapatkan kita dapat mengukur rugi daya yang dihasilkan pada setiap fasa dengan menggunakan rumus pada persamaan (2). Dengan arus yang digunakan pada saat dilakukan pengujian sebesar 100 A (Rusdjaja, dkk, 2014).

Analisis perhitungan yang dilakukan dengan rumus persamaan (2) untuk terminal atas-bawah fasa R didapatkan hasil sebesar 0,3225 Watt, untuk fasa S didapatkan hasil sebesar 0,3228 Watt, dan untuk fasa T didapatkan hasil sebesar 0,33 Watt. Hasil ini memperkuat hasil sebelumnya oleh Ari Susanto (2021) bahwa hasil pengukuran tahanan kontak tidak ada yang melebihi standart yaitu di bawah 50 $\mu\Omega$.

Hasil Pengukuran Keserempakan Kontak

Pengukuran tahanan kontak dilakukan dengan menggunakan alat ukur *circuit breaker analyzer* Vanguard CT 6500. Hasil pengukuran keserempakan kontak ditunjukkan oleh tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Keserempakan Kontak

Titik Ukur	Standart	Hasil Pengukuran (ms)		
		R	S	T
Open	SK DIR 0520 Δt (max-min) < 10 ms	41,35	42,30	41,15
Close		104,90	102,85	102,95

Dari hasil pengukuran keserempakan kontak yang ditunjukkan pada Tabel 4 bahwa hasil masih sesuai dengan standart yaitu untuk PMT 150 KV sebesar 120 ms. Setelah hasil uji keserempakan kontak sudah didapatkan kita dapat menghitung besar nilai Δt dengan menggunakan rumus pada persamaan (3) (Rusdjaja, dkk, 2014).

Analisis perhitungan yang dilakukan dengan rumus persamaan (3) untuk PMT *open* fasa R-S didapatkan hasil sebesar 0,95 ms, untuk fasa S-T didapatkan hasil sebesar 1,15 ms, dan untuk fasa R-T didapatkan hasil sebesar 0,2 ms. Untuk analisis perhitungan PMT *close* fasa R-S didapatkan hasil sebesar 2,05 ms, untuk fasa S-T didapatkan hasil

sebesar 0,1 ms, dan untuk fasa R-T didapatkan hasil sebesar 1,95 ms.

Dari hasil analisis yang didapatkan bahwa waktu PMT *open* atau *close* setiap fasanya tidak ada yang melebihi standart yang sudah ditetapkan yaitu kurang dari 10 ms (Rusdjaja dkk, 2014). Hasil analisis ini memperkuat hasil analisis sebelumnya oleh Ari Susanto (2021) bahwa hasil pengukuran keserempakan kontak nilai Δt yang dianalisis tidak ada yang melebihi standart yaitu di bawah 10 ms.

PENUTUP
Simpulan

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan analisis dapat disimpulkan bahwa pemutus tenaga bay transformator 2 di Gardu Induk (GI) 150 KV Kenjeran Surabaya masih dalam kondisi normal dan layak untuk digunakan karena hasil tahanan isolasi sebesar 0,00007 mA - 0,0012 mA, hasil tahanan kontak sebesar 32,25 $\mu\Omega$ – 33 $\mu\Omega$ dan hasil keserempakan kontak 0,1 ms – 2,05 ms sehingga tidak ada hasil yang melebihi standart ketentuan yang sudah ditetapkan di SKDIR 0520-2.K/DIR/2014.

Saran

Diakhir penelitian diberikan saran untuk penelitian selanjutnya agar membersihkan kontak-kontak PMT terlebih dahulu untuk menghilangkan muatan induksi sebelum melakukan proses *shutdown measurement* agar hasil yang didapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Fikri. Andi Muhammad, Rudito. Hatna, dan Usman. 2021. *Analisis pengujian pemutus tenaga (PMT) bay punagaya dalam pemeliharaan dua tahunan di gardu induk tallasa*. Laporan akhir D3 Teknik Listrik, Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Firdaus. Adis Galih dan Hidayat. Rahmat. 2021. *Analisa pengujian kelayakan operasi pemutus tenaga (PMT) 150 KV bay penghantar mandirancan 1 berdasarkan parameter breaker analyzer di gardu induk sunyaragi*. Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro. Volume 15, No. 3, pp 252-267.

Pambudi. Anindita Singgih dan Hermawan. 2014. *Pengujian keserempakan pemutus tenaga (PMT) three pole 150 KV bay trafo gardu induk simulator udiklat semarang (ilm academy)*. Artikel Ilmiah Skripsi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

- Pranomo, Irwan. 2019. *Analisis pengujian pemutus tenaga bay gondangrejo 2 dalam pemeliharaan dua tahunan di gardu induk palur*. Skripsi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surakarta.
- Ramadhan. Anugerah. 2018. *Sistem kerja & pemeliharaan pemutus tenaga pada PT. PLN transmisi jawa bagian tengah area pelaksanaan pemeliharaan salatiga gardu induk 150 kv godean*. Laporan PKL S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Institut Sains & Teknologi Akprind Yogyakarta.
- Rusdjaja. Tatang, Yani. Christi, Tjahja. Indra, Delyuzar, Hartanti. Hesti, Sumaryadi, Munthe. James, dan Tonapa. Jhon H. 2014. *Buku pedoman pemeliharaan pemutus tenaga (pmt)*. SKDIR 0520-2.K/DIR/2014 Jakarta: PT. PLN (Persero).
- Saghawari. Alfa Aland Rizky, Tumaliang. Hans, dan Tulung. Novi. 2019. *Analisa kinerja circuit breaker saat gangguan pada sisi 70 kv di gardu induk teling*. Artikel Ilmiah Skripsi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Susanto. Ari. 2021. *Analisa kelayakan pemutus tenaga (PMT) 150 KV berdasarkan hasil uji tahanan isolasi, tahanan kontak dan keserempakan kontak di gardu induk singkawang*. Artikel Ilmiah Skripsi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.

