

ANALISA KELAYAKAN PEMUTUS TENAGA (PMT) 150 KV BERDASARKAN HASIL UJI TAHANAN ISOLASI, TAHANAN KONTAK DAN KESEREMPAKAN KONTAK DI GARDU INDUK SINGKAWANG

Ari Susanto¹⁾, Rudi Kurnianto²⁾, Managam Rajagukguk³⁾

Program Studi Sarjana Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro^{1,2,3)}

Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura

Email : arsusanto01@student.untan.ac.id

ABSTRAK

Pemutus Tenaga (PMT) adalah salah satu peralatan utama yang ada di gardu induk. PMT merupakan peralatan saklar mekanis yang mampu menutup, mengalirkan dan memutuskan arus beban baik dalam kondisi normal maupun dalam kondisi abnormal. Kerusakan pada PMT sangat merugikan serta mengganggu bagi keseluruhan operasi sistem tenaga listrik oleh karena itu perlu dilakukan pengujian secara berkala untuk memastikan PMT tersebut masih aman untuk dioperasikan. Adapun pengujian yang dilakukan diantaranya pengujian tahanan isolasi, pengujian tahanan kontak dan pengujian keserempakan kontak. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan nilai hasil pengujian yang didapat dengan standar nilai pada masing-masing pengujian yang sudah tercantum di SK-DIR 0520 – 2014. Hasil Pengujian tahanan isolasi yang didapat pada masing-masing fasa memiliki nilai diatas 150 M Ω . Sedangkan hasil pengujian tahanan kontak yang dilakukan pada masing-masing fasa diperoleh nilai dibawah 50 $\mu\Omega$. Pada pengujian keserempakan, hasil perhitungan delta time yang didapat baik pada saat open maupun close masing-masing dibawah 10 ms. Berdasarkan hasil pengujian tahanan isolasi, tahanan kontak dan keserempakan kontak, PMT yang terpasang pada bay line Singkawang – Bengkayang 1 dan bay line Singkawang – Sambas 2 masih dalam kondisi aman dan layak untuk dioperasikan sesuai dengan standar.

Kata kunci : pemutus tenaga (PMT), tahanan isolasi, tahanan kontak, keserempakan kontak

ABSTRACT

Circuit Breaker (CB) is one of the main equipment that exist in the substation. CB is a mechanical switch equipment that is capable of closing, flowing and breaking load currents both under normal and abnormal conditions. Damage to the CB is very detrimental and disrupts the overall operation of the electric power system, therefore it is necessary to carry out periodic testing to ensure that the CB is still safe to operate. The tests carried out include insulation resistance testing, contact resistance testing and contact simultaneous testing. This research was conducted by comparing the test results obtained with the standard values for each test listed in SK-DIR 0520 – 2014. The results of the insulation resistance test obtained in each phase have a value above 150 M Ω . While the results of the contact resistance testing carried out on each phase obtained values below 50 $\mu\Omega$. In the simultaneous test, the results of the delta time calculation obtained both at open and close are below 10 ms, respectively. Based on the test results of insulation resistance, contact resistance and simultaneous contact, the CB installed on the Singkawang – Bengkayang 1 bay line and Singkawang – Sambas 2 bay line is still in a safe condition and suitable for operation in accordance with the standard.

Key words: circuit breaker (CB), insulation resistance, contact resistance, simultaneous contact

1. PENDAHULUAN

Gardu induk adalah salah satu komponen pada sistem penyaluran tenaga listrik yang memiliki peranan yang sangat penting karena merupakan penghubung pelayanan tenaga listrik ke konsumen. Keandalan dari suatu gardu induk didukung dengan kondisi peralatan-peralatan yang terdapat di gardu induk tersebut. Gardu induk memiliki beberapa peralatan utama, salah satunya adalah Pemutus Tenaga atau *Circuit Breaker*. Pemutus

Tenaga merupakan peralatan saklar/*switching* mekanis yang mampu menutup, mengalirkan dan memutuskan arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutuskan arus beban dalam kondisi abnormal (seperti hubung singkat). PMT berfungsi sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu, membuka atau menutup saat terjadi arus gangguan (hubung singkat).

Kerusakan pada PMT sangat merugikan atau mengganggu bagi keseluruhan operasi sistem tenaga listrik. Jika PMT tidak bekerja saat terjadi gangguan, maka arus gangguan tersebut akan merusak peralatan yang lain serta dapat menimbulkan ketidakstabilan sistem tenaga listrik. Dengan demikian, diharapkan dengan adanya pengujian, PMT dapat bekerja lebih lama dengan performa maksimal sehingga meningkatkan kualitas sistem tenaga listrik.

Adapun pengujian yang dilakukan pada PMT diantaranya pengujian tahanan isolasi, pengujian tahanan kontak dan pengujian keserempakan kontak. Pengujian tahanan isolasi yaitu proses pengukuran dengan suatu alat ukur untuk memperoleh besar tahanan isolasi pemutus tenaga antara bagian yang diberi tegangan (*fasa*) terhadap badan (*case*) yang ditanahkan maupun antara terminal masukan dengan terminal keluaran pada fasa yang sama dan nilai resistansi yang didapatkan tidak boleh melebihi nilai yang telah ditetapkan. Pada dasarnya pengujian tahanan isolasi adalah untuk mengetahui besar nilai kebocoran arus yang terjadi antara bagian yang bertegangan terminal atas dan terminal bawah terhadap tanah. Pengujian tahanan kontak yaitu pengujian yang bertujuan untuk mengetahui nilai resistansi pada pemutus tenaga yang diakibatkan adanya titik-titik sambungan yang menyebabkan timbulnya rugi-rugi daya. Semakin besar nilai tahanan kontak maka akan semakin besar rugi daya yang ditimbulkan. Pengujian keserempakan adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui waktu kerja PMT secara individu serta untuk mengetahui keserempakan PMT pada saat *open* atau *close* dari batas waktu yang didapat tidak boleh melebihi batas waktu yang telah ditetapkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pemutus Tenaga (PMT)

Berdasarkan *IEV (International Electrotechnical Vocabulary)* 441-14-20 disebutkan bahwa *Circuit Breaker* atau Pemutus Tenaga 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*).

Sedangkan definisi PMT berdasarkan IEEE C37.100:1992 (*Standard definitions for power switchgear*) adalah merupakan peralatan saklar mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal sesuai dengan ratingnya serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal/gangguan sesuai dengan ratingnya.

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 peralatan lain.

2.2. Klasifikasi Pemutus Tenaga

Klasifikasi pemutus tenaga dapat dibagi atas beberapa jenis yaitu :

2.2.1. Berdasarkan Besar/Kelas Tegangan

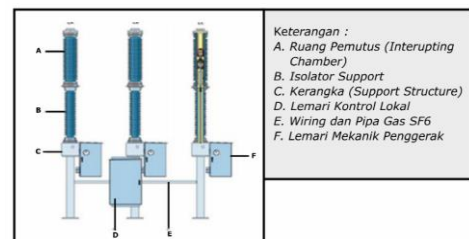
PMT dapat dibedakan menjadi :

1. PMT tegangan rendah (*Low Voltage*) Dengan range tegangan 0.1 s/d 1 kV (SPLN 1.1995 - 3.3).
2. PMT tegangan menengah (*Medium Voltage*) Dengan range tegangan 1 s/d 35 kV (SPLN 1.1995 - 3.4).
3. PMT tegangan tinggi (*High Voltage*) Dengan range tegangan 35 s/d 245 kV (SPLN 1.1995 - 3.5).
4. PMT tegangan extra tinggi (*Extra High Voltage*) Dengan range tegangan lebih besar dari 245 kV (SPLN 1.1995 - 3.6).

2.2.2. Berdasarkan Jumlah Mekanik Penggerak

PMT dapat dibedakan menjadi :

1. PMT *Single Pole*
PMT tipe ini mempunyai mekanik penggerak pada masing-masing *pole*, umumnya PMT jenis ini dipasang pada *bay* penghantar agar PMT bisa *reclose* satu fasa



Gambar 1. PMT *single pole*^[3]

2. 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.



Gambar 2. PMT *three pole*^[3]

2.2.3. Berdasarkan Media Isolasi

Jenis PMT dapat dibedakan menjadi:

1. PMT minyak
2. PMT udara hembus (*air blast*)
3. PMT hampa udara (*vacuum*)
4. PMT gas SF₆

2.2.4. Berdasarkan Proses Pemadaman Busur Api Diruang Pemutus

Jenis PMT dapat dibagi menjadi :

1. PMT jenis tekanan tunggal (*single pressure type*)
2. PMT jenis tekanan ganda (*double pressure type*)

2.3. Prinsip Kerja PMT

Pada kondisi normal PMT dapat dioperasikan lokal oleh operator untuk maksud *switching* dan perawatan. Pada kondisi abnormal atau gangguan, *Current Transformer* (CT) akan membaca arus lebih yang lewat apabila sudah ditentukan kemudian relay akan mendeteksi gangguan dan menutup rangkaian *trip circuit*, sehingga *trip coil energized*, lalu mekanis penggerak PMT akan dapat perintah buka dari relay dan beroperasi membuka kontak-kontak PMT, maka gangguan pun akan hilang. Mekanis penggerak yang digunakan pada Gardu Induk Singkawang adalah menggunakan mekanis penggerak *spring* (pegas).

2.4. Pengoperasian PMT Gas SF6

Pemutus tenaga (PMT) 150 kV bermediakan gas SF6 dioperasikan untuk membebaskan peralatan gardu induk pada kondisi normal atau saat kondisi gangguan agar tidak bertegangan atau sebaliknya. Pembebasan atau pemasukan tegangan pada peralatan gardu induk dinamakan *manuver*.

Dalam proses *manuver*, PMT tidak bekerja sendiri tetapi ada peralatan yang dinamakan pemisah (PMS). PMS ini berfungsi untuk memisahkan peralatan yang ada di gardu induk dengan kondisi tidak berbeban. Berikut proses pengoperasian gas SF6 yang terdiri dari pembukaan jaringan yang berarti pembebasan tegangan dan penutupan jaringan yang berarti pemberian tegangan.

1. Pembukaan jaringan

Pembukaan jaringan atau pembebasan tegangan dilakukan apabila ada suatu gangguan yang terjadi pada peralatan didalam maupun diluar gardu induk atau dalam sistem transmisi, dan juga apabila akan diadakan proses pemeliharaan pada peralatan-peralatan didalam maupun diluar lingkup gardu induk.

Hal yang perlu diperhatikan dalam pembukaan jaringan :

- PMT dioperasikan terlebih dahulu, baru kemudian pemisah-pemisahnya.
 - Sebelum pemisah dikeluarkan atau dioperasikan harus diperiksa apakah PMT sudah terbuka sempurna, apakah amperemeter menunjukkan nol
- Urutan pembukaan jaringan yaitu, pertama PMT, lalu PMS busbar dibuka, selanjutnya PMS line dibuka dan PMS tanah ditutup.

2. Penutupan jaringan

Penutupan jaringan dilakukan setelah peralatan yang ada didalam maupun diluar gardu induk telah selesai dilaksanakan pemeliharaan ataupun jaringan telah berada dalam kondisi siap diberi tegangan kembali.

Hal yang perlu diperhatikan dalam penutupan jaringan :

- PMT dioperasikan setelah pemisah-pemisahnya dimasukkan.
- Setelah PMT dimasukkan diperiksa apakah terjadi kebocoran isolasi (misal kebocoran gas SF6) pada PMT.

Urutan penutupan jaringan yaitu, pertama PMS tanah dibuka, lalu PMS busbar ditutup, selanjutnya PMS line ditutup dan PMT ditutup.

2.5. Shutdown Measurement /Shutdown Function Check

Merupakan pengukuran yang dilakukan pada periode 2 tahunan dalam keadaan peralatan tidak bertegangan (*Off Line*). Pengukuran dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi peralatan apakah masih layak atau tidak untuk digunakan dengan menggunakan alat ukur. Pengukuran atau pengujian yang dilakukan pada PMT 150 kV bermediakan gas SF6 meliputi pengukuran tahanan isolasi, tahanan kontak dan keserempakan kontak.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Bahan Penelitian

Bahan pada penelitian ini adalah PMT 150 kV bermediakan isolasi gas SF6 yang terpasang pada bay line Singkawang – Bengkayang 1 dan Singkawang – Sambas 2, tipe LTB 170D1/B dan sudah terpasang selama 10 tahun.



Gambar 3. PMT yang diuji^[12]

3.2. Alat yang Digunakan

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Megger (Megaohm Meter) MIT1025.

Megger adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur atau menguji tahanan isolasi pada PMT. Prinsip kerjanya yaitu memberikan tegangan dari alat ukur ke isolasi peralatan yaitu sebesar 5 kV, lalu diukur nilai arus bocornya. Setelah arus bocor ditemukan maka sesuai dengan hukum ohm yaitu $V = I \times R$. Maka akan didapat tahanan isolasinya yaitu dengan cara tegangan uji dibagi dengan arus bocor yang terbaca.



Gambar 4. Alat ukur megger MIT1025^[12]

2. Mjolner 600

Mjolner 600 adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur tahanan kontak pemutus tenaga (PMT). Prinsip kerjanya sama seperti alat ukur tahanan murni (R_{dc}), singkatnya yakni pada kontak yang menutup atau sambungan dialiri arus listrik dc

yakni sebesar 100 Ampere, kemudian diukur berapa besar tegangan pada kontak atau sambungan tersebut, dari hasil tegangan yang diperoleh maka akan didapat nilai tahanan kontak dengan rumus $R = V / I$.



Gambar 5. Alat ukur mjolner 600^[12]

3. Doble TDR900

Doble TDR900 adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur keserempakan pemutus tenaga (PMT). Prinsip kerjanya secara mendasar adalah ketika pole 1, pole 2 dan pole 3 close diujung kabel masing-masing terdapat tegangan yang nantinya jadi trigger kondisi pole tersebut sudah tertutup atau tidak.



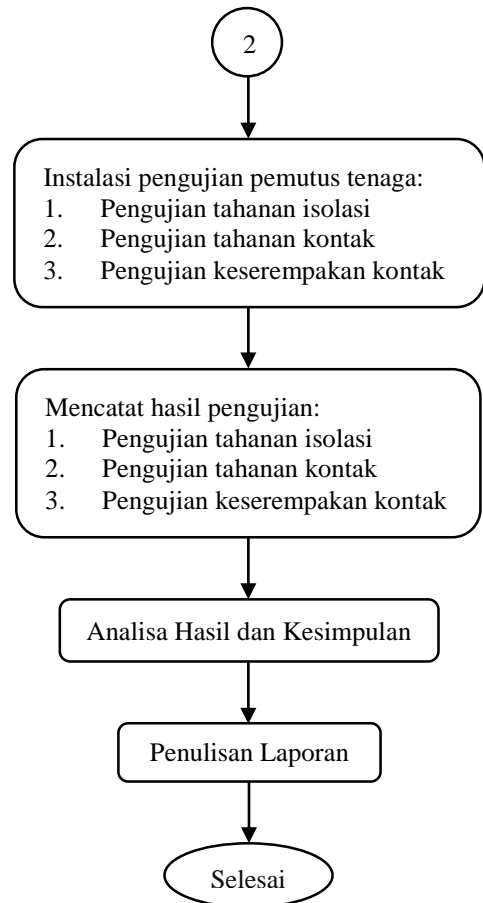
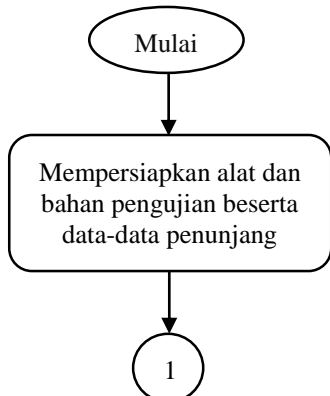
Gambar 6. Alat ukur doble TDR900^[12]

3.3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah studi literature dan pengukuran. Dalam metode studi literature peneliti mengumpulkan kajian teoritis, buku-buku penelitian serta jurnal-jurnal yang ada kaitannya dengan permasalahan yang akan dibahas yang digunakan sebagai teori pendukung untuk menyelesaikan penelitian ini. Dalam pengukuran, peneliti melakukan pengukuran tahanan isolasi, tahanan kontak dan keserempakan kontak PMT, seperti yang dinyatakan pada sub bagian 3.2 diatas.

3.4. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dalam tugas akhir ini digunakan pada gambar *flowchart* dibawah ini.

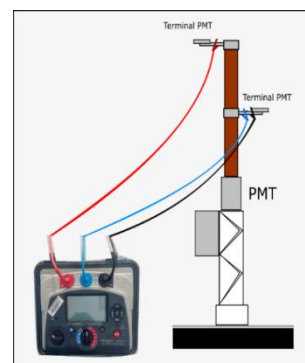


Gambar 7. Flowchart penelitian

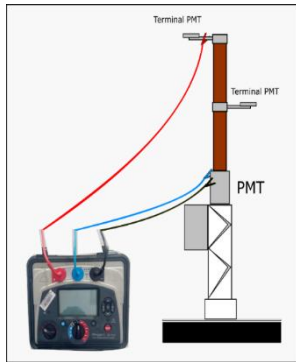
4. HASIL DAN ANALISIS

4.1. Pengujian Tahanan Isolasi

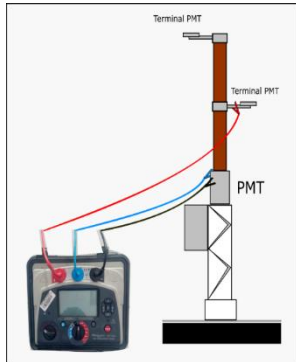
Pada dasarnya pengujian tahanan isolasi pemutus tenaga adalah untuk mengetahui besar (nilai) kebocoran arus yang terjadi antara terminal atas, terminal bawah dan ground. Posisi PMT pada saat pengujian tahanan isolasi adalah dalam keadaan open. Pada pengujian tahanan isolasi ini terdapat 3 titik ukur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



Gambar 8. Rangkaian pengukuran atas - bawah^[12]



Gambar 9. Rangkaian pengukuran atas - ground^[12]



Gambar 10. Rangkaian pengukuran bawah - ground^[12]

Batasan tahanan isolasi PMT sesuai Buku Pemeliharaan Peralatan SE.032/PST/1984 dan menurut standar VDE (*catalogue 228/4*) minimal besarnya tahanan isolasi pada suhu operasi dihitung “1 kilo volt = 1 Mega Ohm”. Kebocoran arus yang diijinkan setiap kV = 1 mA. Berikut adalah hasil dari pengujian tahanan isolasi PMT 150 kV pada bay line Singkawang – Bengkayang 1 dan bay line Singkawang – Sambas 2 dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi PMT 150 KV Bay Line Singkawang – Bengkayang 1^[12]

Titik Ukur	Standar	Hasil Pengukuran (MΩ)		
		Fasa R	Fasa S	Fasa T
Atas-Bawah	VDE Catalogue	1837000	677000	660000
Atas-Ground	228/4	1231000	127700	561000
Bawah-Ground	= 1 kV/1 MΩ	100000	519000	83900

Setelah diperoleh nilai tahanan isolasinya maka dapat dihitung arus bocornya dengan cara tegangan dibagi tahanan isolasi.

1. Perhitungan arus bocor titik ukur atas – bawah

- Fasa R :
Arus bocor (I) = $\frac{5000 \text{ V}}{1837000 \text{ M}\Omega} = 0,00272 \text{ mA}$

- Fasa S :
Arus bocor (I) = $\frac{5000 \text{ V}}{677000 \text{ M}\Omega} = 0,00739 \text{ mA}$

- Fasa T :
Arus bocor (I) = $\frac{5000 \text{ V}}{660000 \text{ M}\Omega} = 0,00758 \text{ mA}$

2. Perhitungan arus bocor titik ukur atas – ground

- Fasa R :
Arus bocor (I) = $\frac{5000 \text{ V}}{1231000 \text{ M}\Omega} = 0,00406 \text{ mA}$

- Fasa S :
Arus bocor (I) = $\frac{5000 \text{ V}}{1277000 \text{ M}\Omega} = 0,03915 \text{ mA}$
 - Fasa T :
Arus bocor (I) = $\frac{5000 \text{ V}}{561000 \text{ M}\Omega} = 0,00891 \text{ mA}$
3. Perhitungan arus bocor titik ukur bawah - ground
- Fasa R :
Arus bocor (I) = $\frac{5000 \text{ V}}{100000 \text{ M}\Omega} = 0,05 \text{ mA}$
 - Fasa S :
Arus bocor (I) = $\frac{5000 \text{ V}}{519000 \text{ M}\Omega} = 0,00963 \text{ mA}$
 - Fasa T :
Arus bocor (I) = $\frac{5000 \text{ V}}{83900 \text{ M}\Omega} = 0,05959 \text{ mA}$

Tabel 2. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi PMT 150 KV Bay Line Singkawang – Sambas 2^[12]

Titik Ukur	Standar	Hasil Pengukuran (MΩ)		
		Fasa R	Fasa S	Fasa T
Atas-Bawah	VDE Catalogue	965000	673000	1001000
Atas-Ground	228/4	15540	11070	12000
Bawah-Ground	= 1 kV/1 MΩ	865000	951000	606000

1. Perhitungan arus bocor titik ukur atas – bawah

- Fasa R :
Arus bocor (I) = $\frac{5000 \text{ V}}{965000 \text{ M}\Omega} = 0,00518 \text{ mA}$

- Fasa S :
Arus bocor (I) = $\frac{5000 \text{ V}}{673000 \text{ M}\Omega} = 0,00743 \text{ mA}$

- Fasa T :
Arus bocor (I) = $\frac{5000 \text{ V}}{1001000 \text{ M}\Omega} = 0,00499 \text{ mA}$

2. Perhitungan arus bocor titik ukur atas – ground

- Fasa R :
Arus bocor (I) = $\frac{5000 \text{ V}}{15540 \text{ M}\Omega} = 0,32175 \text{ mA}$

- Fasa S :
Arus bocor (I) = $\frac{5000 \text{ V}}{11070 \text{ M}\Omega} = 0,45167 \text{ mA}$

- Fasa T :
Arus bocor (I) = $\frac{5000 \text{ V}}{12000 \text{ M}\Omega} = 0,41667 \text{ mA}$

3. Perhitungan arus bocor titik ukur bawah - ground

- Fasa R :
Arus bocor (I) = $\frac{5000 \text{ V}}{865000 \text{ M}\Omega} = 0,00578 \text{ mA}$

- Fasa S :
Arus bocor (I) = $\frac{5000 \text{ V}}{951000 \text{ M}\Omega} = 0,00526 \text{ mA}$

- Fasa T :
Arus bocor (I) = $\frac{5000 \text{ V}}{606000 \text{ M}\Omega} = 0,00825 \text{ mA}$

Dari data hasil pengujian menunjukkan bahwa disetiap fasa 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 yang diperoleh pada bay line Singkawang – Bengkayang 1 dan bay line Singkawang – Sambas 2 baik pada fasa R, S dan T masing-masing berada diatas 150 MΩ dan hasil

perhitungan kebocoran arus baik pada bay line Singkawang – Bengkayang 1 dan bay line Singkawang – Sambas 2 rata-rata nilai yang diperoleh jauh dibawah nilai kebocoran arus yang dizinkan yaitu 1 kV = 1 mA. Dari hasil nilai tahanan isolasi yang diperoleh dan nilai kebocoran arus yang didapatkan, maka dapat dipastikan bahwa material isolasi yang diuji pada PMT tersebut masih dalam kondisi baik dan aman sesuai standar VDE (*catalogue 228/4*). Dengan tahanan isolasi yang berada jauh diatas standar maka nilai kebocoran yang terjadi antara terminal atas, terminal bawah dan ground dapat diminimalisir sekecil mungkin. Jika nilai yang diperoleh dibawah 150 MΩ (tidak memenuhi standar) maka dilakukan pengujian ulang. Apabila nilai yang diperoleh masih dibawah standar setelah dilakukan sebanyak 3 kali, maka disarankan untuk mengganti PMT tersebut dengan PMT yang baru dengan kemampuan isolasi yang lebih baik.

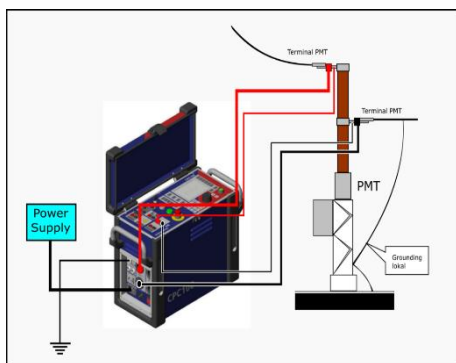
4.2. Pengujian Tahanan Kontak

Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui nilai resistansi pada pemutus tenaga yang diakibatkan adanya titik-titik sambungan yang menyebabkan timbulnya rugi-rugi serta untuk memastikan kontak tetap (*fixed contact*) dan kontak bergerak (*moving contact*) didalam PMT terhubung dengan baik. Posisi PMT pada saat dilakukan pengujian adalah dalam keadaan close. Pertemuan dari beberapa konduktor menyebabkan suatu hambatan terhadap arus yang melaluinya sehingga akan terjadi panas dan menjadikan kerugian teknis. Rugi ini sangat signifikan jika nilai tahanan kontaknya tinggi.

$$\text{Rugi-rugi (W)} = I^2 \cdot R$$

Dengan, I = Arus (Ampere)

R = Tahanan kontak (Ohm)



Gambar 11. Rangkaian pengukuran tahanan kontak^[12]

Batasan nilai tahanan kontak PMT berdasarkan standart IEC 60694 nilai $R \leq 50 \mu\Omega / 120\%$ Nilai FAT. Berikut adalah hasil dari pengujian tahanan kontak PMT 150 kV pada bay line Singkawang – Bengkayang 1 dan bay line Singkawang – Sambas 2 dapat dilihat pada tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Hasil Pengujian Tahanan Kontak PMT 150 KV Bay Line Singkawang – Bengkayang 1^[12]

Titik Ukur	Standar	Hasil Pengukuran ($\mu\Omega$)		
		Fasa R	Fasa S	Fasa T
Atas-Bawah	IEC 60694 $R \leq 50 \mu\Omega / 120\%$ Nilai FAT	39,91	42,68	41,40

Setelah nilai tahanan kontak diperoleh dan diketahui nilai arus yang mengalir sebesar 100 ampere, maka rugi-ruginya adalah :

1. Fasa R : $W = 100 \text{ A} \times 39,91 \mu\Omega = 0,3991 \text{ watt}$
2. Fasa S : $W = 100 \text{ A} \times 42,68 \mu\Omega = 0,4268 \text{ watt}$
3. Fasa T : $W = 100 \text{ A} \times 41,40 \mu\Omega = 0,414 \text{ watt}$

Tabel 4. Hasil Pengujian Tahanan Kontak PMT 150 KV Bay Line Singkawang – Sambas 2^[12]

Titik Ukur	Standar	Hasil Pengukuran ($\mu\Omega$)		
		Fasa R	Fasa S	Fasa T
Atas-Bawah	IEC 60694 $R \leq 50 \mu\Omega / 120\%$ Nilai FAT	38,25	39,14	40,15

Maka rugi-ruginya adalah :

1. Fasa R : $W = 100 \text{ A} \times 38,25 \mu\Omega = 0,3825 \text{ watt}$
2. Fasa S : $W = 100 \text{ A} \times 39,14 \mu\Omega = 0,3914 \text{ watt}$
3. Fasa T : $W = 100 \text{ A} \times 40,15 \mu\Omega = 0,4015 \text{ watt}$

Dari tabel 3 dan 4 diatas dapat dilihat hasil tahanan kontak pemutus tenaga 150 kV yang diperoleh pada bay line Singkawang – Bengkayang 1 dan bay line Singkawang – Sambas 2 baik pada fasa R, S dan T semuanya bernilai dibawah $50 \mu\Omega$, artinya alat kontak PMT yang terpasang pada bay line singkawang – bengkayang 1 dan Singkawang – Sambas 2 masih dalam kondisi baik dan aman sesuai standar IEC 60694 nilai $R \leq 50 \mu\Omega / 120\%$ Nilai FAT. Apabila nilai yang diperoleh melebihi standar yang telah ditentukan yaitu diatas $50 \mu\Omega$, maka perlu dilakukan perbaikan pada klem-klem jepitan dan bersihkan permukaan kontak, lalu lakukan pengujian ulang. Jika dipaksakan untuk beroperasi, dikhawatirkan terjadi kerusakan pada pemutus tenaga tersebut akibat panas yang ditimbulkan oleh alat kontak.

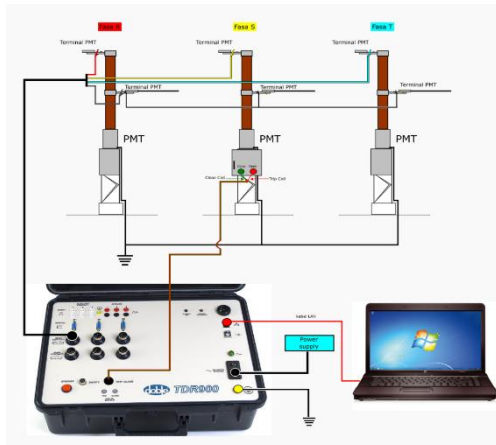
Dari hasil perhitungan rugi-rugi daya yang diperoleh dapat dilihat bahwa kerugian yang diakibatkan adanya titik-titik sambungan pada kontak sangat kecil. Hal ini dikarenakan hasil pengujian tahanan kontak yang didapat sudah memenuhi standar yang telah ditentukan. Semakin kecil nilai tahanan kontak yang dihasilkan maka semakin kecil pula rugi-rugi yang ditimbulkan.

4.3. Pengujian Keserempakan Kontak

Pengujian keserempakan PMT bertujuan untuk mengetahui waktu kerja PMT secara individu serta untuk mengetahui keserempakan PMT pada saat menutup ataupun membuka. Apabila PMT tidak membuka atau menutup secara serempak pada fasa R, S, dan T akan menyebabkan gangguan didalam sistem tenaga listrik dan menyebabkan sistem proteksi bekerja. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui perbedaan waktu yang terjadi antar fasa R, S, T pada saat PMT membuka dan menutup serta keserempakan PMT pada saat membuka dan menutup.

Untuk toleransi perbedaan waktu pada pengujian keserempakan kontak PMT, yang terjadi antar fasa R, S dan T pada waktu PMT membuka atau menutup ditentukan dengan melihat nilai delta time (Δt) yang merupakan selisih waktu tertinggi dan terendah antar fasa R, S, T sewaktu membuka atau menutup kontak.

Delta time inilah yang menunjukkan keserempakan dari suatu PMT.



Gambar 12. Rangkaian pengukuran keserempakan kontak^[12]

Batasan nilai selisih waktu keserempakan yaitu $\Delta t \leq 10$ ms berdasarkan referensi dari pabrikan ABB. Berikut adalah hasil dari pengujian keserempakan PMT 150 kV pada bay line Singkawang – Bengkayang 1 dan bay line Singkawang – Sambas 2 dapat dilihat pada tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Hasil Pengujian Tahanan Kontak PMT 150 KV Bay Line Singkawang – Bengkayang 1^[12]

Pengukuran	Hasil Pengukuran (ms)		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Open	39,3	37,4	36,9
Close	68,8	73,7	73,3

$$\begin{aligned} \Delta t \text{ Open} &= \text{waktu tertinggi} - \text{waktu terendah} \\ &= 39,3 \text{ ms} - 36,9 \text{ ms} \\ &= 2,4 \text{ ms} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta t \text{ Close} &= \text{waktu tertinggi} - \text{waktu terendah} \\ &= 73,7 \text{ ms} - 68,8 \text{ ms} \\ &= 4,9 \text{ ms} \end{aligned}$$

Tabel 6. Hasil Pengujian Tahanan Kontak PMT 150 KV Bay Line Singkawang – Sambas 2^[12]

Pengukuran	Hasil Pengukuran (ms)		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Open	36,5	36	38
Close	71	71	73,5

$$\begin{aligned} \Delta t \text{ Open} &= \text{waktu tertinggi} - \text{waktu terendah} \\ &= 38 \text{ ms} - 36 \text{ ms} \\ &= 2 \text{ ms} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta t \text{ Close} &= \text{waktu tertinggi} - \text{waktu terendah} \\ &= 73,5 \text{ ms} - 71 \text{ ms} \\ &= 2,5 \text{ ms} \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian yang didapatkan pada bay line Singkawang – Bengkayang 1, diperoleh hasil perhitungan delta time atau selisih waktu pada saat PMT open yaitu sebesar 2,4 ms dan pada saat PMT close sebesar 4,9 ms. Sedangkan pada bay line Singkawang – Sambas 2 diperoleh hasil perhitungan delta time pada saat PMT open sebesar 2 ms dan pada saat PMT close

sebesar 2,5 ms. Dari hasil perhitungan yang diperoleh dapat dilihat bahwa nilai delta time pada saat PMT open dan close yang didapat baik pada bay line Singkawang – Bengkayang 1 dan bay line Singkawang – Sambas 2 rata-rata dibawah 10 ms, artinya nilai yang didapat sudah memenuhi standar batasan nilai selisih waktu yaitu $\Delta t \leq 10$ ms berdasarkan referensi dari pabrikan ABB. Sehingga PMT tersebut dapat melakukan trip sesuai dengan kinerja keserempakan yang normal atau keandalannya masih dapat teratasi. Apabila nilai delta time yang diperoleh diatas 10 ms maka unjuk kerja keserempakan PMT kurang mencapai keandalan. Perbedaan selisih waktu yang terlalu lama mengakibatkan ada lonjakan arus maupun tegangan pada fasa lainnya yang akan menyebabkan rusaknya peralatan lain yang terhubung pada PMT tersebut, maka perlu diadakan perbaikan dan dilakukan pengujian ulang pada PMT tersebut. Namun apabila nilai yang diperoleh tetap melebihi standar maka perlu dipertimbangkan untuk menggantinya dengan PMT yang baru.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan evaluasi pengujian pada pemutus tenaga 150 kV di Gardu Induk Singkawang, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai minimal tahanan isolasi pada tegangan 150 kV adalah 150 M Ω . Hasil pengujian tahanan isolasi pemutus tenaga 150 kV pada bay line Singkawang – Bengkayang 1 dan bay line Singkawang – Sambas 2 baik pada fasa R, S dan T sudah memenuhi standar VDE (*catalogue* 228/4) nilai $R \geq 1$ kV/1 M Ω . Nilai yang diperoleh diatas 150 M Ω , artinya material isolasi yang diuji masih dalam kondisi baik dan aman.
2. Hasil pengujian tahanan kontak pemutus tenaga 150 kV pada bay line Singkawang – Bengkayang 1 dan bay line Singkawang – Sambas 2 di TRAGI Singkawang baik pada fasa R, S dan T sudah memenuhi standar IEC 60694 nilai $R \leq 50$ $\mu\Omega$ / 120 % Nilai FAT. Nilai yang diperoleh dibawah 50 $\mu\Omega$, artinya alat kontak pemutus tenaga yang terpasang pada bay line Singkawang – Bengkayang 1 dan Singkawang – Sambas 2 masih dalam kondisi baik dan aman.
3. Selisih waktu atau delta time yang diperoleh pada saat membuka dan menutup pemutus tenaga pada bay line Singkawang – Bengkayang 1 dan bay line Singkawang – Sambas 2 sudah memenuhi batasan nilai selisih waktu keserempakan yaitu $\Delta t \leq 10$ mili detik berdasarkan referensi dari pabrikan ABB. Nilai yang didapat dibawah 10 ms, artinya pemutus tenaga tersebut dapat melaksanakan atau melakukan trip sesuai dengan kinerja keserempakan yang normal atau keandalannya masih dapat teratasi.
4. Sesuai dengan standar SK-DIR 0250 - 2014 sebagaimana diuraikan juga dalam IEC 76 (1976), berdasarkan hasil pengujian tahanan isolasi, tahanan kontak dan keserempakan kontak, PMT Merk ABB, tipe LTB 170D1/B nomor seri 1HSB01139027 dan tipe LTB

170D1/B nomor seri IHSB01143020 yang terpasang pada bay line Singkawang – Bengkayang 1 dan bay line Singkawang – Sambas 2 masih dalam kondisi aman dan layak untuk dioperasikan.

5.2. Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, adapun saran yang didapat pada penelitian ini adalah :

1. PMT memang masih mampu melindungi peralatan dari hubung singkat, tetapi kegagalan perlindungan mungkin saja bisa terjadi, untuk itu perlu untuk melakukan pengecekan atau pengujian terhadap PMT secara rutin sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan, agar dapat memastikan umur komponen supaya lebih lama dan unjuk kerja yang lebih baik, normal sesuai dengan fungsinya.
2. Untuk memperoleh nilai (hasil) yang akurat sebelum dilakukan pengujian perlu dilakukan pembersihan pada permukaan *porcelain bushing* memakai material *cleaner* + kain lap yang halus dan tidak merusak permukaan isolator.
3. Mekanik PMT harus selalu dibersihkan agar tidak terjadi korosi akibat kelembapan udara dan harus selalu dilakukan monitoring tekanan gas SF6 untuk keandalan dalam bekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Winantara, Bagus dan Husodo, Budiyo. 2019. Evaluasi Tahanan Kontak Pemutus Tenaga Tegangan Tinggi Di Gardu Induk 150 KV Bandung Selatan Berdasarkan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA). Jakarta Barat: Universitas Mercu Buana.
- [2] Iram, M. dan Arham, M. 2017. Analisis Kelayakan PMT 150 KV Di Gardu Induk Bulukumba. Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar.
- [3] SKDIR 0520-2.K/DIR/2014, 2014, Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga No dokumen: PDM/PGI/07:2014, PT PLN (Persero), Jakarta, Indonesia.
- [4] Pranomo, Irwan. 2019. Analisis Pengujian Pemutus Tenaga Bay Gondangrejo 2 Dalam Pemeliharaan Dua Tahunan Di Gardu Induk Palur. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [5] Ariyanto, Eri. 2019. Analisis Hasil Pengujian Tahanan Isolasi dan Keserempakan Pemutus Tenaga 150 KV Bay Palur 1 dan Palur 2 Gardu Induk Gondangrejo. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [6] Nuryanto.; Imani, Rizaldi Lukman.; Suprijadi, Sugeng.; dan Siswanto, Agus. 2018. Analisis Hasil Over Houl Pemutus Tenaga (PMT) 70 KV Pada Bay Arjawinangun 2 Di PT PLN Persero APP Cirebon GI Kadipaten. Malang: Universitas Widyagama Malang.
- [7] Riyadi, Malik. 2019. Analisis Pengujian Pemutus Tenaga (PMT) Bay Pedan 2 Dalam

Pemeliharaan Dua Tahunan Di Gardu Induk Klaten. Klaten: Universitas Widya Dharma.

- [8] IEV (*International Electrotechnical Vocabulary*) 441-14-20.
- [9] IEEE C37.100-1992, *Standard Definitions for Power Switchgear*, 1992.
- [10] Alfianto, Rico. 2015. Evaluasi Penggunaan Pemutus Tenaga (PMT) Pada Gardu Induk Sungai Juaro Palembang. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [11] Hermanto, Farid dan Sukmadi, Tejo. Pemeliharaan PMT Pada Gardu Induk 150 KV Sronдол PT.PLN (Persero) P3B JB APP Semarang BC Semarang. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [12] Tragi Singkawang PT. PLN (Persero) Area Penyaluran dan Pengatur Beban (AP2B) Wilayah Kalimantan Barat.
- [13] Fauzi, RJ. 2011. Sistem Proteksi Gardu Induk dan Jaringan 150 kV Menggunakan Pemutus Tenaga (PMT) Media Gas SF6 Di Gardu Induk 150 kV Kebasen PT. PLN (Persero) P3B JB UPT Tegal. Purbalingga: Universitas Jenderal Soedirman.
- [14] IKA Pengujian Tahanan Kontak PMT No: APDP/IKA/GI/0006-3:2015, PT PLN (Persero).

BIOGRAFI



Ari Susanto lahir di Matang Terap pada tanggal 24 Maret 1998. Menempuh pendidikan Strata 1 (S1) Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura sejak tahun 2016. Memperoleh gelar sarjana pada tahun 2021 dengan konsentrasi Teknik Tenaga Listrik.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124

Telepon (0561) 740186 Email: ft@untan.ac.id Website: http://teknik.untan.ac.id

SURAT KETERANGAN SELESAI PENULISAN JURNAL SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping pada penulisan Skripsi yang berjudul **“ANALISA KELAYAKAN PEMUTUS TENAGA (PMT) 150 KV BERDASARKAN HASIL UJI TAHANAN ISOLASI, TAHANAN KONTAK DAN KESEREMPAKAN KONTAK”** yang ditulis oleh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura

Nama : Ari Susanto
NIM : D1021161018
Jurusan : Teknik Elektro
Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Tenaga Listrik

Demikian ini menerangkan bahwa mahasiswa tersebut telah menyelesaikan penulisan skripsinya.

Pontianak, Juli 2021

Pembimbing Utama,

Prof. Dr. Eng. Rudi Kurnianto, S.T., M.T., IPM
NIP. 196705271995011001

Pembimbing Pendamping,

Managam Rajagukguk, S.T., M.T., IPM
NIP. 197211162000031001