

PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI PADA PEMELIHARAAN PEMUTUS TENAGA KUBIKEL *OUTGOING* 20 KV MENGUNAKAN *INSULATION TESTER*

Bryan Adhitya Effendi¹⁾, Eko Handoyo²⁾

¹⁾ Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²⁾ Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email : effendiadhitya@gmail.com¹⁾

ABSTRAK

Pemutus tenaga atau sebagian besar orang sering menyebutnya dengan PMT merupakan peralatan yang penting bagi keandalan penyaluran energi listrik. PMT harus dapat memutus aliran arus beban suatu saluran baik dalam keadaan normal maupun ketika terjadi gangguan. Untuk itu, perlu dilakukan pemeliharaan terhadap PMT baik secara mekanis maupun elektris. Salah satu pemeliharaan yang penting adalah pada bagian interrupter PMT. Pada bagian ini biasa dilakukan pemeliharaan yaitu pengujian tahanan kontak, pengujian kebocoran arus, pengujian tahanan isolasi dan pengujian keserempakan. Pengujian tahanan isolasi mengukur besar tahanan isolasi pada PMT dalam keadaan open (trip) maupun close. Pada jurnal ini, penulis akan sedikit membahas mengenai pengujian pada interrupter PMT. Kemudian lebih spesifik lagi akan diambil pokok bahasan mengenai prosedur kerja pengujian tahanan isolasi PMT. Pengujian tahanan isolasi dilakukan pada PMT kubikel outgoing 20 kV menggunakan Insulation Tester di Gardu Induk Bantul PT. PLN (Persero) UP2D JTY DCC 2 Yogyakarta. Dari analisa diketahui bahwa tahanan isolasi PMT 20 kV untuk close dan open telah sesuai dengan standar SPLN No 52-1 1983 yaitu lebih dari 20 MΩ.

Katakunci: PMT, kubikel, Pengujian Tahanan Isolasi, Prosedur Kerja, Insulation Tester.

ABSTRACT

Circuit breaker or most people often call PMT is an important of equipment for the reliability of the distribution electrical energy. PMT should be able to cut off the load current in normal line and when an interruption occurs. Therefore, it is necessary to do maintenance on the PMT either mechanically or electrically. One important of maintenance is on the interrupter PMT. In this section, the maintenance that ordinary did namely contacts resistance testing, current leak testing, insulation resistance testing and testing simultaneity. The insulation restance testing measures the amount of insulation restance on the PMT when open(trip) and close. In this paper, the author will be little to discuss about testing on interrupter PMT. Then a more specific subject will be taken on the working procedures of insulation resistance. Insulation resistance testing on the PMT cubicel outgoing 20 kV using Insulation Tester in the Bantul Substation of PT. PLN(Persero) UP2D JTY DCC 2 Yogyakarta. From the analysis found that the speed of PMT 20 kV to close and open in accordance with the standards SPLN 52-1 No. 1983 of more than 20 MΩ.

Keywords: PMT, cubicel, Insulation Resestance Testing, Working Procedures, Insulation Tester.

Naskah Diterima :31 Januari 2022

Naskah Direvisi :21 Februari 2022

Naskah Diterbitkan :08 Maret 2022

1. PENDAHULUAN

Pada beberapa tahun terakhir, kebutuhan masyarakat Indonesia akan energi listrik semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya pelanggan rumah tangga yang meminta kepada PLN untuk menambah daya rumahnya. Belum lagi pelanggan industri yang masih banyak mengantri untuk mendapatkan listrik tegangan menengah. Dengan semakin banyak kebutuhan listrik yang harus dipenuhi, maka PLN

harus meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik agar tidak mengalami kerugian yang besar.

Keandalan sistem tenaga listrik sangat penting agar energi listrik dapat disalurkan dengan baik. Keandalan sistem tersebut termasuk salah satunya adalah performa/keandalan peralatan saluran transmisi. Ada berbagai macam peralatan pada saluran transmisi dan kebanyakan alat-alat ini berada di gardu induk. Peralatan ini dikelompokkan menjadi bay-bay dalam gardu induk. Peralatan tersebut diantaranya adalah *Transformator*, *Circuit Breaker* (PMT), *Disconnecting Switch* (PMS), *Lightning Arrester* (LA), *Current Transformator* (CT), *Potensial Transformator* (PT), Relay Proteksi, dan masih banyak yang lainnya. Apabila peralatan-peralatan dalam kondisi yang baik, maka penyaluran energi listrik juga akan baik, sedikit gangguan dan rugi daya juga kecil.

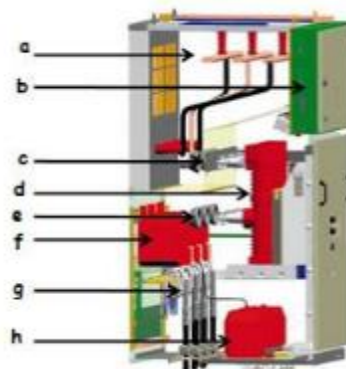
Circuit Breaker (Pemutus tenaga) atau sebagian besar orang lebih sering menyebutnya dengan PMT merupakan peralatan yang sangat penting bagi keandalan penyaluran energi listrik. PMT harus dapat memutus aliran arus beban suatu saluran apabila terjadi gangguan pada sistem tenaga listrik. Untuk itu, perlu dilakukan pemeliharaan terhadap PMT baik secara mekanis maupun elektris. Pemeliharaan yang dilakukan terhadap PMT berupa pengujian tahanan kontak, pengujian tahanan isolasi, pengujian kebocoran arus dan pengujian keserempakan.

Pengukuran tahanan isolasi pemutus tenaga (PMT) ialah proses pengukuran dengan suatu alat ukur *Insulation Tester* (megger) untuk memperoleh hasil (nilai/besaran) tahanan isolasi pemutus tenaga antara bagian yang diberi tegangan (fasa) terhadap badan (*case*) yang ditanahkan maupun antara terminal masukan (I/P terminal) dengan terminal keluaran (O/P terminal) pada fasa yang sama. Batas standar untuk tahanan isolasi pada PMT kubikel *outgoing* 20 kV yang diizinkan adalah lebih dari 20 M Ω . Alat ukur yang digunakan dalam pengujian ini adalah *Insulation Tester*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kubikel 20 kV

Kubikel merupakan seperangkat panel hubung bagi dengan tegangan kerja 20.000 Volt yang dipasang dalam gardu induk berfungsi sebagai pembagi, pemutus, penghubung, pengontrol dan proteksi sistem penyaluran tenaga listrik ke pusat – pusat beban. Kubikel yang diambil pada pengujian ini adalah kubikel *outgoing*. Bagian-bagian dari kubikel ditunjukkan oleh Gambar 1



Gambar 1. Peralatan dalam kubikel 20 KV

Keterangan :

a. Kompartemen Busbar

b. Kompartemen Lemari Kontrol

- c. Pemisah Rel
- d. Pemutus Tenaga (PMT)
- e. Pemisah Kabel
- f. Kompartemen Kabel
- g. Trafo Arus
- h. Trafo Tegangan

Berdasarkan fungsi atau penempatannya, kubikel 20 kV di Gardu Induk antara lain :

- a. Kubikel *Incoming*
- b. Kubikel *Outgoing*
- c. Kubikel Pemakaian Sendiri (Trafo PS)
- d. Kubikel Kopel (bus kopling)
- e. Kubikel PT / LA
- f. Kubikel *Bus Riser /Bus Tie (Interface)*

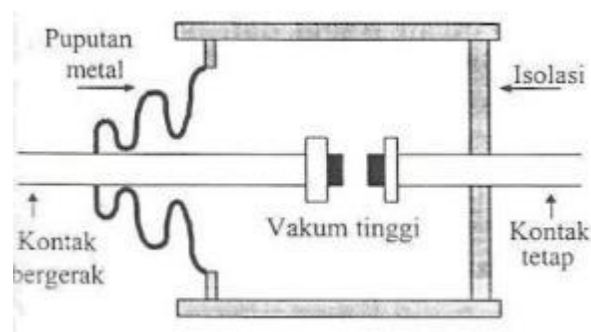


Gambar 2. Kubikel 20 KV Gardu Induk Bantul

B. PMT 20 KV *Vacuum*

Pemutus tenaga (PMT) ialah alat yang digunakan untuk memutus atau menghubungkan rangkaian pada sistem tenaga listrik dalam kondisi berbeban maupun tidak berbeban, dan kondisi hubung singkat. PMT berfungsi sebagai alat untuk memutus dan menyambung arus beban baik pada kondisi normal maupun gangguan. PMT memiliki kemampuan untuk dialiri arus secara kontinu baik dalam keadaan membuka dan menutup.

Media pemutus yang digunakan pada PMT 20 KV GI Bantul adalah VCB (*Vacuum Circuit Breaker*). Pada dasarnya kerja dari CB ini sama dengan jenis lainnya hanya ruang kontak dimana terjadi busur api merupakan ruang hampa udara yang tinggi sehingga peralatan dari CB jenis ini dilengkapi dengan seal penyekat udara untuk mencegah kebocoran.



(a)



(b)

Gambar 3. PMT 20 KV Vacuum (a) dan Nameplate (b)

Keterangan *nameplate* PMT 20 kV SIEMENS GI Bantul.

No. S = nomor seri PMT 3AH52

Ur = tegangan kerja rata-rata PMT sebesar 24 kV

Ud/Up = tegangan surja maksimal yang dapat ditahan oleh PMT sebesar 50/125 kV

Isc = kapasitas arus hubung singkat yang dapat ditahan oleh PMT sebesar 25 kA

In = arus nominal PMT sebesar 1250 A

F = frekuensi kerja PMT 50 Hz atau 60 Hz

m = massa total PMT 55 kg

O- 0,3 s – CO – 3min – CO = Setelah PMT open, maka 0,3 detik setelahnya baru bisa dilakukan kerja close. 3 menit waktu pengisian pegas agar PMT dapat *reclose* kembali.

C. *Insulation Tester*

Pengujian tahanan isolasi PMT kubikel *outgoing* 20 kV di Gardu Induk Bantul PT. PLN (Persero) UP2D JTY DCC 2 Yogyakarta menggunakan *Insulation Tester* produk dari Kyoritsu. Berikut bagian-bagian *Insulation Tester* yang digunakan pada saat pengujian



Gambar 4. *Insulation Tester*

Berikut keterangan gambar dari *mega ohm meter* di atas:

1. LCD

2. Konektor *grounding*
3. Konektor *guard*
4. Konektor *line* ke kontak fasa PMT
5. *Light button (on/off)*
6. Tombol pengatur waktu
7. Tombol *up* dan *down*
8. *Test button*
9. *Volt Control*

3. **PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI PMT 20 KV DI GARDU INDUK BANTUL**

Pengukuran tahanan isolasi pemutus tenaga (PMT) ialah proses pengukuran dengan suatu alat ukur *Insulation Tester* (megger) untuk memperoleh hasil (nilai/besaran) tahanan isolasi pemutus tenaga antara bagian yang diberi tegangan (fasa) terhadap badan (case) yang ditanahkan maupun antara terminal masukan (I/P terminal) dengan terminal keluaran (O/P terminal) pada fasa yang sama. Pada dasarnya pengukuran tahanan isolasi PMT adalah untuk mengetahui besar/nilai kebocoran arus (*leakage current*) yang terjadi antara bagian yang bertegangan I/P terminal dan O/P terminal terhadap tanah.

A. **Peralatan Kerja dan peralatan K3**

1. *Insulation Tester*

Pada pengujian tahanan isolasi PMT 20 kV di Gardu Induk Bantul alat uji yang digunakan ialah *Insulation Tester* model 3125 merek Kyoritsu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. *Insulation Tester* model 3125 merek Kyoritsu

2. *Safety Helmet dan Safety boot*

Perlengkapan K3 ini wajib digunakan oleh semua pekerja pelaksana pengujian tahanan isolasi PMT.



(a) Safety helmet



(b) Safety boot

Gambar 6. Safety helmet dan safety boot

B. Prosedur Pengujian Tahanan Isolasi pada PMT 20 kV

Berikut prosedur pengujian tahanan isolasi PMT 20 KV di gardu induk Bantul, berdasarkan *Standar Operating Procedure (SOP)* Pengujian Tahanan Isolasi PMT dibagi menjadi 3 tahap :

1. Persiapan

1. Melakukan *briefing* sebelum melakukan pekerjaan yang dipimpin oleh ketua regu pemeliharaan. *Briefing* membahas pekerjaan pemeliharaan yang akan dilakukan.
2. Berdoa bersama.
3. Memakai perlengkapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)
4. Menyiapkan *Insulation Tester* dan kabel-kabel konektor serta yakinkan semuanya dalam kondisi baik.
5. Periksa sumber tegangan/ baterenya.
6. Persiapkan tool set yang diperlukan.
7. Persiapkan blanko pengukuran (Formulir: P3BJB TEK/FML/IK.TRF/002.MEG)
8. Catat spesifikasi PMT yang akan diukur.
9. Letakkan alat ukur pada tempat yang aman dan terjangkau.

2. Pelaksanaan

1. Masukkan pangkal kabel tester pada terminal alat ukur

- Hubungkan kabel *LINE* dan kabel *EARTH* ke objek uji seperti pada tabel di bawah untuk beberapa variasi pengukuran.

Tabel 1. Variasi Pengukuran Tahanan Isolasi PMT 20 kV

NO	Pengukuran	Kabel line	Kabel earth
1	Fasa R atas – Fasa R bawah	Fasa R atas	Fasa R bawah
2	Fasa R atas – ground / body	Fasa R atas	Ground / body
3	Fasa R bawah – ground / body	Fasa R bawah	Ground / body
4	Fasa S atas – Fasa S bawah	Fasa S atas	Fasa S bawah
5	Fasa S atas – ground / body	Fasa S atas	Ground / body
6	Fasa S bawah – ground / body	Fasa S bawah	Ground / body
7	Fasa T atas – Fasa T bawah	Fasa T atas	Fasa T bawah
8	Fasa T atas – ground / body	Fasa T atas	Ground / body
9	Fasa T bawah – ground / body	Fasa T bawah	Ground / body

- Pada saat pengukuran yakinkan bahwa semua probe terhubung dengan baik.
- Pindahkan posisi selector tegangan ke 5000 Volt.
- Setting waktu pengukuran dengan menekan tombol *TIME SET* menjadi 10 detik.
- Tekan dan putar sesuai arah panah tombol *PRESS TO TEST* hingga posisi *LOCK*.
- Amati hasil penunjukkan pada alat ukur dan catat pada blanko yang telah disiapkan.
- Tekan dan putar berlawanan arah panah tombol *PRESS TO TEST* ke posisi semula.
- Pindah selektor tegangan ke posisi *OFF*.

3. *Finishing*

- Lepas rangkaian kabel alat ukur.
- Simpan pada kotak penyimpanan bersama dengan kabel atau *accessoriesnya*.

C. Prosedur K2-K3

Adapun prosedur K2-K3 sebelum melakukan pengujian adalah sebagai berikut :

- Pastikan kondisi disekitar aman
- Koordinasi dan komunikasi dijaga
- Pemasangan lotto/ rambu-rambu
- Grounding* masuk apabila sudah dipastikan bebas tegangan
- Pekerja minimal 2 orang.

D. Konfigurasi Pengujian Tahanan Isolasi

Pengukuran tahanan isolasi pemutus tenaga (PMT) ini dilakukan pada saat posisi terbuka atau tertutup. Besar dari nilai tahanan isolasi pemutus tenaga (PMT) diharapkan mencapai lebih dari 20 Mega Ohm. Sebelum melakukan pengukuran tahanan isolasi perlu dilakukan pembersihan untuk menghilangkan debu yang menempel pada isolator, karena debu dapat bersifat sebagai konduktor. Pemasangan *grounding* tambahan pada PMT juga penting untuk menetralkan tegangan induksi yang masih tersisa. Hal ini bertujuan agar mendapatkan hasil yang akurat saat melakukan pengukuran. Tegangan yang digunakan untuk mengukur besarnya tahanan isolasi pemutus tenaga (PMT) yaitu : dengan megger skala 5000 V (5 KV) , dengan pengukuran :

a) Saat PMT 20 kV dalam keadaan PMT *open* :


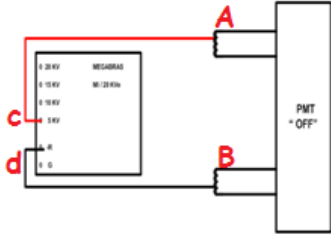

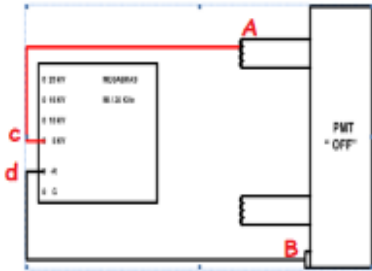
- Fasa atas – fasa bawah
- Fasa atas – *ground*
- Fasa bawah – *ground*

b) Saat PMT 20 kV dalam keadaan PMT *close* :

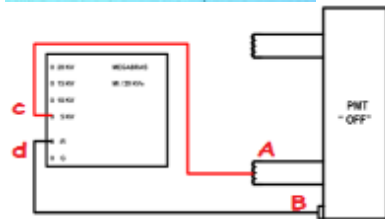
- Fasa(atas/bawah) – *ground*

E. Rangkaian Pengujian Tahanan Isolasi PMT 20 kV

Tabel 2. Rangkaian pengujian tahanan isolasi PMT 20 kV

Rangkaian Pengujian	Keterangan
<p data-bbox="248 320 903 387">1. Konfigurasi Kontak PMT Fasa Atas-Bawah keadaan PMT <i>open</i>.</p>  	<p data-bbox="983 320 1302 607">Kontak atas PMT (A) dihubungkan ke probe fasa 5 kV megger (c) sedangkan kontak bawah PMT (B) dihubungkan ke probe netral megger (d).</p>
<p data-bbox="248 1066 962 1133">2. Konfigurasi Kontak PMT Fasa Atas-Ground keadaan PMT <i>open</i>.</p>  	<p data-bbox="983 1335 1326 1585">Kontak atas PMT (A) dihubungkan keprobe fasa 5 kV megger(c) sedangkan <i>ground</i> PMT (B) dihubungkan ke probe netral megger (d).</p>

3. Konfigurasi Kontak PMT Fasa Bawah-Ground keadaan PMT open.

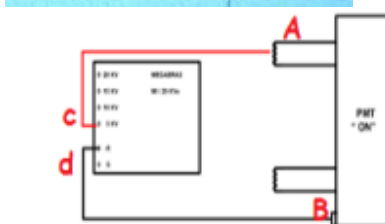


Kontak bawah PMT (A) dihubungkan keprobe fasa 5 kV megger(c) sedangkan *ground* PMT (B) dihubungkan ke probe netral megger (d).

4. Konfigurasi Kontak PMT Fasa-Ground keadaan PMT close.



atau



Kontak bawah/atas PMT (A) dihubungkan keprobe fasa 5 kV megger(c) sedangkan *ground* PMT (B) dihubungkan ke probe netral megger (d).

a. Standar Pengukuran / Pengujian Tahanan Isolasi

Batasan tahanan isolasi PMT sesuai Buku Pemeliharaan Peralatan SE.032/PST/1984 dan menurut standard VDE (catalogue 228/4) *minimum* besarnya tahanan isolasi pada suhu operasi dihitung “ 1 kilo Volt = 1 MΩ (Mega Ohm) “. Dengan catatan 1 kV = besarnya tegangan fasa terhadap tanah, kebocoran arus yang diijinkan setiap kV = 1 mA. Bila dilihat dari hitungan teori standard minimal tahanan isolasi dapat dihitung dengan rumus

$$R = \frac{1000 \cdot U}{Q} \cdot U \cdot 2,5$$

contoh : $R = \frac{1000 \cdot 20000 \text{ V}}{5000 \text{ V}} \cdot 20000 \text{ V} \cdot 2,5$

Dimana :

R = Tahanan isolasi minimal.

U = Tegangan kerja.

Q = Tegangan Megger.

1000 = Bilangan tetap.

2,5 = Faktor Keamanan (apabila baru).

Megger ini banyak digunakan petugas dalam mengukur tahanan isolasi pada

- Kabel instalasi pada rumah-rumah / bangunan
- Kabel tegangan rendah
- Kabel tegangan tinggi
- Transformator, OCB dan peralatan listrik lainnya.

b. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi

Pengujian tahanan isolasi dilakukan saat PMT dalam keadaan *open* maupun *close*, yang mana pada waktu *open* sebanyak 9 kali dan pada waktu *close* sebanyak 3 kali. *High Voltage Insulation Tester* Model 3125 mengeluarkan hasil pengujian langsung *display* yang terdapat pada alat. Berikut adalah data dari *Insulation Tester* hasil pengujian tahanan isolasi PMT kubikel 20 kV di Gardu Induk Bantul PT. PLN (Persero) UP2D JTY DCC 2 Yogyakarta :

1. Data Pengujian 1 feeder BNL. 01 tanggal 14 Januari 2019

Tabel 3. Data Pengujian 1

TITIK UKUR	Hasil Ukur (MΩ)		
	R	S	T
Atas-Bawah (PMT OFF)	426000	46700 0	516000
Atas-Ground (PMT OFF)	356000	45800 0	463000
Bawah- Ground (PMT OFF)	348000	33300 0	373000

Phasa- <i>Ground</i>	328000	40400	330000
		0	

2. Data Pengujian 2 feeder BNL. 02 tanggal 14 Januari 2019

Tabel 4. Data Pengujian 2

TITIK UKUR	Hasil Ukur (M Ω)		
	R	S	T
Atas-Bawah (PMT OFF)	314000	16700	297000
		0	
Atas- <i>Ground</i> (PMT OFF)	300000	28700	350000
		0	
Bawah- <i>Ground</i> (PMT OFF)	328000	30700	321000
		0	
Phasa- <i>Ground</i>	279000	32100	306000
		0	

3. Data Pengujian 3 feeder BNL. 03 tanggal 14 Januari 2019

Tabel 5. Data Pengujian 3

TITIK UKUR	Hasil Ukur (M Ω)		
	R	S	T
Atas-Bawah (PMT OFF)	400000	33700	462000
		0	
Atas- <i>Ground</i> (PMT OFF)	357000	35700	437000
		0	
Bawah- <i>Ground</i> (PMT OFF)	389000	34600	249000
		0	
Phasa- <i>Ground</i>	393000	37900	433000
		0	

4. Data Pengujian 4 Feeder BNL. 05 tanggal 14 Januari 2019

Tabel 6. Data Pengujian 4

TITIK UKUR	Hasil Ukur (M Ω)		
	R	S	T
Atas-Bawah (PMT OFF)	388000	42500	382000
		0	

Atas-Ground (PMT OFF)	272000	43300 0	457000
Bawah-Ground (PMT OFF)	372000	43700 0	345000
Phasa-Ground	375000	43400 0	299000

5. Data Pengujian 3 feeder BNL. 14 tanggal 14 Januari 2019

Tabel 7. Data Pengujian 5

TITIK UKUR	Hasil Ukur (M Ω)		
	R	S	T
Atas-Bawah (PMT OFF)	437000	48600 0	418000
Atas-Ground (PMT OFF)	488000	51100 0	567000
Bawah-Ground (PMT OFF)	442000	38800 0	502000
Phasa-Ground	424000	34900 0	526000

6. Data Pengujian 6 feeder BNL. 17 tanggal 14 Januari 2019

Tabel 8. Data Pengujian 6

TITIK UKUR	Hasil Ukur (M Ω)		
	R	S	T
Atas-Bawah (PMT OFF)	243000	40900 0	462000
Atas-Ground (PMT OFF)	429000	47900 0	507000
Bawah-Ground (PMT OFF)	363000	45600 0	474000
Phasa-Ground	283000	34700 0	358000

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data pada Tabel 3. , saat pengujian dalam posisi *off(open)* dengan konfigurasi PMT fasa atas dan fasa bawah *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 426.000 M Ω , fasa S dengan nilai 467.000 M Ω , fasa T dengan nilai 511.000 M Ω . Pada saat pengujian dalam posisi *off(open)* dengan konfigurasi PMT fasa atas dan fasa ground *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 356.000 M Ω , fasa S dengan nilai 458.000 M Ω , fasa T dengan nilai 463.000 M Ω . Pada saat pengujian dalam posisi *off(open)* dengan konfigurasi PMT fasa bawah dan fasa ground *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 340.000 M Ω , fasa S dengan nilai 333.000 M Ω , fasa T dengan nilai 373.000 M Ω . Pada saat pengujian dalam posisi *on(close)* dengan konfigurasi PMT fasa atas dan fasa bawah *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 328.000 M Ω , fasa S dengan nilai 404.000 M Ω , fasa T dengan nilai 330.000 M Ω . Sehingga berdasarkan data pengujian pertama dapat dikatakan PMT dalam kondisi masih layak bekerja karena tahanan isolasi PMT ≥ 20 M Ω .

Berdasarkan data pada Tabel 4. , saat pengujian dalam posisi *off(open)* dengan konfigurasi PMT fasa atas dan fasa bawah *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 314.000 M Ω , fasa S dengan nilai 167.000 M Ω , fasa T dengan nilai 297.000 M Ω . Pada saat pengujian dalam posisi *off(open)* dengan konfigurasi PMT fasa atas dan fasa ground *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 300.000 M Ω , fasa S dengan nilai 287.000 M Ω , fasa T dengan nilai 350.000 M Ω . Pada saat pengujian dalam posisi *off(open)* dengan konfigurasi PMT fasa bawah dan fasa ground *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 328.000 M Ω , fasa S dengan nilai 307.000 M Ω , fasa T dengan nilai 321.000 M Ω . Pada saat pengujian dalam posisi *on(close)* dengan konfigurasi PMT fasa atas dan fasa bawah *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 279.000 M Ω , fasa S dengan nilai 321.000 M Ω , fasa T dengan nilai 306.000 M Ω . Sehingga berdasarkan data pengujian kedua dapat dikatakan PMT dalam kondisi masih layak bekerja karena tahanan isolasi PMT ≥ 20 M Ω .

Berdasarkan data pada Tabel 5. , saat pengujian dalam posisi *off(open)* dengan konfigurasi PMT fasa atas dan fasa bawah *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 400.000 M Ω , fasa S dengan nilai 337.000 M Ω , fasa T dengan nilai 462.000 M Ω . Pada saat pengujian dalam posisi *off(open)* dengan konfigurasi PMT fasa atas dan fasa ground *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 357.000 M Ω , fasa S dengan nilai 357.000 M Ω , fasa T dengan nilai 437.000 M Ω . Pada saat pengujian dalam posisi *off(open)* dengan konfigurasi PMT fasa bawah dan fasa ground *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 389.000 M Ω , fasa S dengan nilai 346.000 M Ω , fasa T dengan nilai 249.000 M Ω . Pada saat pengujian dalam posisi *on(close)* dengan konfigurasi PMT fasa atas dan fasa bawah *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 393.000 M Ω , fasa S dengan nilai 379.000 M Ω , fasa T dengan nilai 433.000 M Ω . Sehingga berdasarkan data pengujian ketiga dapat dikatakan PMT dalam kondisi masih layak bekerja karena tahanan isolasi PMT ≥ 20 M Ω .

Berdasarkan data pada Tabel 6. , saat pengujian dalam posisi *off(open)* dengan konfigurasi PMT fasa atas dan fasa bawah *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 388.000 M Ω , fasa S dengan nilai 425.000 M Ω , fasa T dengan nilai 382.000 M Ω . Pada saat pengujian dalam posisi *off(open)* dengan konfigurasi PMT fasa atas dan fasa ground *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 272.000 M Ω , fasa S dengan nilai 433.000 M Ω , fasa T dengan nilai 457.000 M Ω . Pada

saat pengujian dalam posisi *off(open)* dengan konfigurasi PMT fasa bawah dan fasa ground *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 372.000 M Ω , fasa S dengan nilai 437.000 M Ω , fasa T dengan nilai 345.000 M Ω . Pada saat pengujian dalam posisi *on(close)* dengan konfigurasi PMT fasa atas dan fasa bawah *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 375.000 M Ω , fasa S dengan nilai 434.000 M Ω , fasa T dengan nilai 299.000 M Ω . Sehingga berdasarkan data pengujian keempat dapat dikatakan PMT dalam kondisi masih layak bekerja karena tahanan isolasi PMT ≥ 20 M Ω .

Berdasarkan data pada Tabel 7. , saat pengujian dalam posisi *off(open)* dengan konfigurasi PMT fasa atas dan fasa bawah *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 437.000 M Ω , fasa S dengan nilai 486.000 M Ω , fas T dengan nilai 418.000 M Ω . Pada saat pengujian dalam posisi *off(open)* dengan konfigurasi PMT fasa atas dan fasa ground *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 488.000 M Ω , fasa S dengan nilai 511.000 M Ω , fasa T dengan nilai 567.000 M Ω . Pada saat pengujian dalam posisi *off(open)* dengan konfigurasi PMT fasa bawah dan fasa ground *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 442.000 M Ω , fasa S dengan nilai 388.000 M Ω , fasa T dengan nilai 502.000 M Ω . Pada saat pengujian dalam posisi *on(close)* dengan konfigurasi PMT fasa atas dan fasa bawah *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 424.000 M Ω , fasa S dengan nilai 349.000 M Ω , fasa T dengan nilai 526.000 M Ω . Sehingga berdasarkan data pengujian kelima dapat dikatakan PMT dalam kondisi masih layak bekerja karena tahanan isolasi PMT ≥ 20 M Ω .

Berdasarkan data pada Tabel 8. , saat pengujian dalam posisi *off(open)* dengan konfigurasi PMT fasa atas dan fasa bawah *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 243.000 M Ω , fasa S dengan nilai 409.000 M Ω , fas T dengan nilai 462.000 M Ω . Pada saat pengujian dalam posisi *off(open)* dengan konfigurasi PMT fasa atas dan fasa ground *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 429.000 M Ω , fasa S dengan nilai 479.000 M Ω , fasa T dengan nilai 507.000 M Ω . Pada saat pengujian dalam posisi *off(open)* dengan konfigurasi PMT fasa bawah dan fasa ground *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 363.000 M Ω , fasa S dengan nilai 456.000 M Ω , fasa T dengan nilai 474.000 M Ω . Pada saat pengujian dalam posisi *on(close)* dengan konfigurasi PMT fasa atas dan fasa bawah *Insulation Tester* menunjukkan bahwa fasa R dengan nilai 283.000 M Ω , fasa S dengan nilai 347.000 M Ω , fasa T dengan nilai 358.000 M Ω . Sehingga berdasarkan data pengujian kelima dapat dikatakan PMT dalam kondisi masih layak bekerja karena tahanan isolasi PMT ≥ 20 M Ω .

5. KESIMPULAN

Dari kerja praktek yang telah dilakukan di PT. PLN (Persero) UP2D JTY DCC 2 Yogyakarta dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Circuit Breaker* (PMT) dapat diklasifikasikan berdasarkan tegangan kerja adalah PMT *low voltage*, *medium voltage*, *high voltage* dan *extra high voltage*. Berdasarkan jumlah mekanik penggerakannya PMT diklasifikasikan menjadi 2 yaitu PMT *single pole* dan *three pole*. Berdasarkan media pemadam busur api adalah PMT dengan pemadam busur api Gas SF₆, Minyak, Udara Hembus dan Hampa Udara.
2. Pengujian pada *interrupter* PMT kubikel *outgoing* 20 kV dalam keadaan *offline* sebagai salah satu pemeliharaan terdiri dari pengujian tahanan kontak, pengujian

- kebocoran arus, pengujian tahanan isolasi dan pengujian waktu keserempakan PMT.
3. Pengukuran tahanan isolasi PMT kubikel *outgoing* 20 kV ini dilakukan pada saat posisi terbuka atau tertutup. Besar dari nilai tahanan isolasi pemutus tenaga (PMT) diharapkan mencapai lebih dari 20 Mega Ohm.
 4. Alat yang digunakan untuk pengujian tahanan isolasi pada PMT kubikel *outgoing* 20 kV di gardu induk Bantul adalah *Insulation Tester* model 3125 merek Kyoritsu. Untuk peralatan K3, semua pekerja wajib menggunakan *safety helmet*, dan *safety boot*.

DAFTARPUSTAKA

- [1] Arismunandar, Adan Kuwahara S. 1991. *Teknik Tenaga Listrik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [2] Arismunandar, Artono. 1984. *Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [3] Kristian, Sialen. "Sistem Proteksi- Pemutus Tenaga/Daya". <http://kristiansilaen.wordpress.com/2010/07/15/hello-world/> (diakses pada tanggal 3 Februari 2017).
- [4] PT. PLN (Persero) Keputusan Direksi PT PLN (Persero) Nomor 0520-2.K/DIR/2014. *Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Peralatan Primer Gardu Induk*?. Jakarta: PT. PLN (Persero).
- [5] Pramaharsi, Dayinta, *Proses Pemeliharaan PMT Kubikel Outgoing 20 kV di Gardu Induk Ungaran*, Semarang, 2012
- [6] Rao, Sunil S., *Switchgear And Protection*, Delhi, Khanna Publishers
- [7] Sarimun, Wahyudi, *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Bekasi, Garamond, 2012
- [8] Sulasno. 2001. *Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Jilid I*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- [9] Tobing, Bonggas L. 2003. *Peralatan Tegangan Tinggi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- [10] Wildi, Theodore, *Electrical Machines, Drives and Power System 5th Edition*, New Jersey, Prentice Hall, 2002