



Terbit *online* pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Perbandingan Pengujian Transformator Arus Melalui Connecting Link Marshalling Kiosk Dengan Pengujian Secara Langsung

Yolnasdi^a, Chrismondari^b, Rifqi Nur Rokhman^c

^{a,b,c} Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, Jl. Dirgantara no. 4 Arengka Raya, Pekanbaru, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel :

Diterima Redaksi : 21 Desember 2023

Revisi Akhir : 25 Desember 2023

Diterbitkan Online : 29 Desember 2023

KATA KUNCI

Transformator Arus,
Penguin Transformator Arus,
Marshalling Kiosk.

ABSTRACT

Kondisi Transformator Arus dapat diketahui melalui pengujian yang dilakukan pada Transformator Arus tersebut. Selama ini, Pengujian Transformator Arus dilakukan secara langsung dengan membuka kotak panel sekunder Transformator Arus. Pengujian dengan membuka panel sekunder seringkali menyebabkan terjadinya gangguan pasca pengujian. Pengujian Transformator Arus yang seharusnya dapat meningkatkan performa dari transformator arus, justru berdampak pada terjadinya gangguan, efektifitas pekerjaan dan keselamatan. Pengujian Transformator Arus melalui Connecting Link pada Marshalling Kiosk belum pernah dilakukan untuk mengetahui performa dari Transformator Arus. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan pengujian Transformator Arus secara langsung dan dengan melalui *connecting link* marshalling kiosk dari segi hasil pengujian, efektifitas waktu dan keselamatan. Didapatkan perbandingan hasil uji tahanan isolasi dengan deviasi 18.68% dan deviasi pengujian rasio dibawah 0,106%. Pengujian juga hanya dapat dilakukan pada titik ukur yang tersedia pada Marshalling Kiosk. Pengujian Transformator Arus melalui Connecting Link Marshalling Kiosk juga memiliki durasi pengujian 35 menit lebih cepat untuk pengujian tahanan isolasi dan 45 menit lebih cepat untuk pengujian rasio.

1. PENDAHULUAN

Transformator Arus memiliki fungsi sebagai pengukuran dan proteksi pada sistem tenaga listrik. Kondisi Transformator Arus dapat diketahui melalui pengujian yang dilakukan pada Transformator Arus tersebut. Pengujian Transformator Arus harus dilakukan sesuai dengan prosedur agar hasil pengujian yang didapatkan menunjukkan nilai sebenarnya dari kondisi Transformator Arus. [2]

Pada tanggal 8 Februari 2022 telah terjadi gangguan pada Trafo Daya 1 Gardu Induk Namorambe. Berdasarkan hasil pemeriksaan, ditemukan kabel sekunder pada rangkaian sekunder transformator arus terluka sehingga mengakibatkan rangkaian CT Ref 150 kV mengalami hubung singkat. Berdasarkan data pemeliharaan, satu hari sebelum terjadi gangguan telah dilakukan pengujian pada Transformator Arus. Pada dokumentasi pemeliharaan,

rangkaian kabel sekunder transformator arus menunjukkan bahwa kerusakan kabel disebabkan saat dilakukan pengencangan yang tidak terdeteksi pasca dilakukan pemeliharaan dan dari monitoring pasca pembebanan. Selain permasalahan yang timbul pada proses pengencangan pada kabel sekunder, sering terjadi permasalahan lain seperti pemasangan kabel yang tertukar. Pengujian Transformator Arus juga memaksa petugas pemeliharaan untuk bekerja dalam ketinggian sehingga berdampak pada segi keamanan dan durasi waktu yang lama. Pengujian Transformator Arus yang seharusnya dapat meningkatkan performa dari transformator arus, justru berdampak pada terjadinya gangguan, efektifitas pekerjaan dan keselamatan. Pengujian Transformator Arus melalui Connecting Link pada Marshalling Kiosk belum pernah dilakukan untuk mengetahui performa dari Transformator Arus. Pengujian Transformator Arus melalui Connecting Link pada Marshalling Kiosk diharapkan dapat menjadi solusi atas permasalahan keandalan, efektifitas pemeliharaan serta keselamatan untuk mengetahui

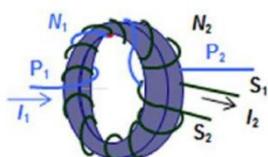
performa dari Transformator Arus. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengujian Transformator Arus melalui Connecting Link pada Marshalling Kiosk dapat atau tidak dapat digunakan sebagai gambaran kondisi Transformator Arus dan untuk mendapatkan pengujian Transformator Arus dengan durasi yang lebih singkat, lebih aman dan lebih handal dibandingkan pengujian secara langsung

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Trafo Arus

Trafo Arus (*Current Transformer - CT*) adalah peralatan yang digunakan untuk keperluan pengukuran dan proteksi dengan melakukan pengukuran besaran arus pada instalasi tenaga listrik disisi primer (Tegangan Ekstra Tinggi, Tegangan Tinggi dan Tegangan Menengah) berskala besar dengan melakukan transformasi dari besaran arus yang besar menjadi besaran arus yang kecil secara akurat dan teliti. [1]

Berikut prinsip kerja trafo arus:



Gambar 2. 1 Rangkaian CT

2.2. Fungsi Trafo Arus

Fungsi dari trafo arus adalah:

- Untuk keperluan pengukuran sistem metering dan proteksi dengan mengubah besaran arus pada sistem tenaga listrik dari besaran primer menjadi besaran sekunder
- Pengamanan terhadap manusia atau operator yang melakukan pengukuran dengan mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer.
- Standarisasi besaran sekunder, untuk arus nominal 1 Amp dan 5 Amp

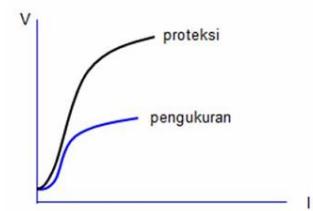
Secara fungsi trafo arus dibedakan menjadi dua yaitu:

2.2.1. Trafo arus pengukuran

- Trafo arus pengukuran untuk metering memiliki ketelitian tinggi dalam rentang kerja (daerah pengenalnya) 5% - 120% arus nominal tergantung pada kelas dan saturasi yang relatif rendah dibandingkan trafo arus untuk proteksi.
- Penggunaan trafo arus pengukuran untuk Wattmeter, Amperemeter, VARh-meter, dan $\cos \phi$ meter.

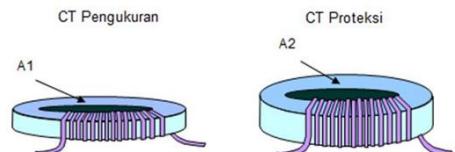
2.2.2. Trafo arus proteksi

- Trafo arus untuk proteksi, memiliki ketelitian tinggi pada saat terjadi gangguan dimana arus yang mengalir berkali-kali lipat dari arus pengenalnya dan tingkat kejemuhan cukup tinggi.
- Penggunaan trafo arus proteksi untuk relai arus lebih (OCR dan GFR), relai diferensial, relai beban lebih, relai jarak dan relai daya.
- Perbedaan mendasar antara trafo arus pengukuran dan proteksi adalah titik jemuhan seperti pada kurva saturasi di bawah ini (Gambar 2.2).



Gambar 2. 2 Kurva Saturasi CT Pengukuran dan Proteksi

Konstruksi trafo arus untuk pengukuran mempunyai luas penampang inti yang lebih kecil (Gambar 2.3) karena dirancang supaya lebih cepat jemuhan dibandingkan trafo arus proteksi.



Gambar 2. 3 Luas Penampang Inti Trafo Arus [1]

2.3. Shutdown Testing/Measurement pada sisi Sekunder Transformator Arus

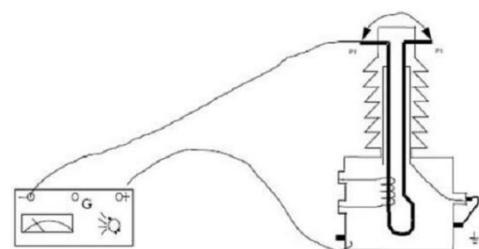
Shutdown testing/measurement adalah pekerjaan pengujian yang dilakukan pada saat peralatan dalam kondisi tidak beroperasi atau padam. Pekerjaan ini dilakukan pada saat pemeliharaan rutin maupun pada saat investigasi gangguan. [5]

2.3.1. Tahanan Isolasi

Pengujian tahanan isolasi berfungsi untuk menentukan kualitas tahanan isolasi pada transformator arus baik antara belitan maupun antara belitan dan ground. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan tegangan DC kepada media isolasi yang akan diukur tahanannya yaitu sebesar 5 kV untuk sisi primer dan 500 V untuk sisi sekunder. Dengan mengukur arus bocor yang melalui media isolasi, maka akan didapatkan nilai tahanan isolasi dalam satuan mega ohm. Alat yang digunakan untuk menguji tahanan isolasi adalah Mega Ohm meter, seperti dapat dilihat pada Gambar 2. 4.



Gambar 2. 4 Mega Ohm Meter



Gambar 2. 5 Pengukuran Tahanan Isolasi CT

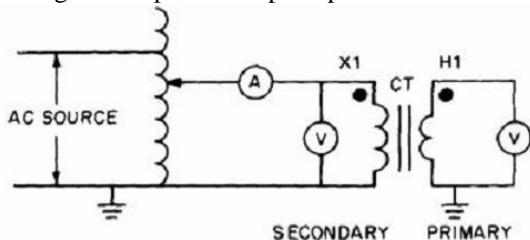
Standar: VDE Batasan yang digunakan: 1MOhm per 1 kV (phasa-phasa) [3]

Tabel 2. 1 Evaluasi dan Rekomendasi Penguin Tahanan Isolasi

No	Hasil Uji	Keterangan	Rekomendasi
1	> 1MOhm/1kV	Good	
2	< 1MOhm/1kV	Poor	Lakukan Penguin lebih lanjut

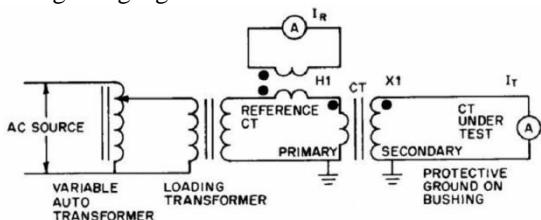
2.3.2. Ratio

Pengukuran ratio memiliki tujuan untuk membandingkan nilai ratio hasil pengukuran dengan nilai pada nameplate peralatan.



Gambar 2. 6 Pengujin Ratio CT dengan Metode Tegangan

Tegangan yang sesuai diterapkan ke sisi sekunder, dibawah tegangan saturasi (*knee voltage*) dan tegangan diukur pada sisi primer diukur dengan menggunakan voltmeter skala rendah dengan impedansi tinggi (20000 Ω/V atau lebih). Rasio belitan mendekati sama dengan rasio tegangan dengan membandingkan tegangan sisi primer dengan tegangan sisi sekunder



Gambar 2. 7 Penguin Ratio CT dengan Metode Arus

Penguin ini menggunakan alat uji injeksi arus (high current test injection), yang dilakukan dengan mengatur catu daya pada alat uji sesuai dengan nilai yang diinginkan serta mencatat arus pada sisi sekunder kedua CT. Rasio dari CT adalah sama dengan rasio dari CT referensi yang dikalikan rasio antara arus sisi sekunder CT referensi dengan arus sisi sekunder CT yang diuji, seperti persamaan: [1]

$$N_T = N_R \frac{I_R}{I_T}$$

NT : Rasio CT yang diuji

NR : Rasio CT referensi

IR : Arus CT referensi

IT : Arus CT yang diuji (arus nominal)

2.4. Gardu Induk

Suatu sistem peralatan listrik hubung-bagi tegangan tinggi yang memiliki fungsi untuk menyalurkan dan mengontrol daya listrik menggunakan peralatan seperti busbar,

transformator tenaga, transformator arus (CT), transformator tegangan (PT), pemutus tenaga (PMT), pemisah (PMS), Arrester (LA) dan peralatan pendukung lainnya termasuk penyulang 20 kV [8]

2.5. Marshalling Kiosk

Marshalling Kiosk merupakan panel terminal kabel kontrol yang mempunyai fungsi sebagai terminal penghubung kabel kontrol peralatan gardu induk 150 kV dari serandang ke gedung kontrol.



Gambar 2. 8 Marshalling Kiosk

Adapun fungsi dari marshalling kiosk adalah sebagai berikut:

- Mempermudah titik lokasi gangguan.
- Mengatur kabel-kabel agar tidak berantakan.
- Tempat berkumpulnya rangkaian kabel sebelum masuk ke ruang kontrol.

Marshalling Kiosk menjadi terminal dari kabel kontrol, kabel proteksi, kabel instrument dan peralatan SCADA. Umumnya, panel Marshalling Kiosk terbuat dari baja galvanis yang di cat sehingga tahan karat dan melindungi dari cuaca serta binatang. [1] [5]

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Persiapan Penguin

Penguin transformator arus dilakukan di Gardu Induk Bangkinang bay Penghantar 150 kV bay Spare pada 16 Juli 2023. Gardu Induk Bangkinang 150 kV bay Spare merupakan gardu induk yang disiapkan untuk perluasan jaringan di subsistem Riau, sehingga bay yang digunakan dalam kondisi tidak beroperasi. Kondisi peralatan yang tidak beroperasi membuat pelaksanaan pengujian di bay Spare lebih aman dilakukan dan tidak mengganggu sistem kelistrikan Riau

3.2. Penguin Tahanan Isolasi Transformator Arus Langsung

Penguin tahanan isolasi dilakukan untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi yang ada pada transformator arus baik antar belitan maupun antara belitan dengan ground. Penguin ini dilakukan dengan cara Media Isolasi yang akan diukur tahanan isolasinya diberikan tegangan DC sebesar 5 kV untuk sisi primer dan 500 V untuk sisi sekunder. Nilai tahanan isolasi dalam satuan mega ohm akan didapatkan dengan cara mengukur arus bocor yang melewati media isolasi.

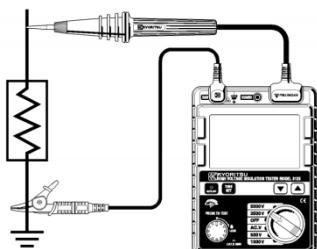
Peralatan yang digunakan dalam pengujian Tahanan Isolasi adalah Insulation Tester dengan merk Kyoritsu model 3125. Alat uji tahanan isolasi ini dapat meng-injeksi tegangan dari 500V hingga 5 kV. Peralatan uji ini telah dilakukan kalibrasi setiap tahunnya dimana

terakhir dilakukan kalibrasi pada 9 Juni 2021 oleh PLN Pusertif (Pusat Sertifikasi).



Gambar 3. 1 Alat Ukur Tahanan Isolasi Kyoritsu Model 3125

Penguin tahanan isolasi langsung pada sisi sekunder CT dilakukan di sisi Primer dan Sekunder. Penguin sisi primer digunakan tegangan injeksi sebesar 5 kV dan pada sisi sekunder digunakan tegangan injeksi sebesar 500V. Hasil pengujian menggunakan satuan Mega Ohm.



Gambar 3. 2 Rangkaian Penguin Tahanan Isolasi

Titik ukur pengujian tahanan isolasi adalah sisi primer-ground, primer -sekunder dan sekunder-ground dengan membuka kotak sekunder transformator Arus. Saat pemasangan probe pada titik primer dan titik sekunder transformator arus, pelaksana pengujian menggunakan tangan dan full body harness karena titik pengujian berada pada ketinggian diatas 2 meter.

Tabel 3. 1 Hasil Penguin Tahanan Isolasi secara Langsung

Penguin Tahanan Isolasi		Standar: >150MΩ/150kV
1	Primer - Ground	340 GΩ
2	Primer - Sekunder 1	240 GΩ
3	Primer - Sekunder 2	260 GΩ
4	Primer - Sekunder 3	270 GΩ
5	Primer - Sekunder 4	280 GΩ
6	Ground - Sekunder 1	560 MΩ
7	Ground - Sekunder 2	660 MΩ
8	Ground - Sekunder 3	438 MΩ
9	Ground - Sekunder 4	312 MΩ
10	Sekunder 1-Sekunder 2	998 MΩ
11	Sekunder 1-Sekunder 3	900 MΩ
12	Sekunder 1-Sekunder 4	850 MΩ
13	Sekunder 2-Sekunder 1	980 MΩ
14	Sekunder 2-Sekunder 3	890 MΩ
15	Sekunder 2-Sekunder 4	895 MΩ
16	Sekunder 3-Sekunder 1	835 MΩ
17	Sekunder 3-Sekunder 2	880 MΩ

Penguin Tahanan Isolasi		Standar: >150MΩ/150kV
18	Sekunder 3-Sekunder 4	698 MΩ
19	Sekunder 4-Sekunder 1	711 MΩ
20	Sekunder 4-Sekunder 2	777 MΩ
21	Sekunder 4-Sekunder 3	628 MΩ

Dari hasil pengujian tahanan isolasi dengan Insulation Tester secara langsung, menunjukkan kondisi tahanan isolasi Transformator Arus masih dalam kondisi baik karena berada diatas standar VDE.

3.3. Penguin Rasio Transformator Arus Langsung

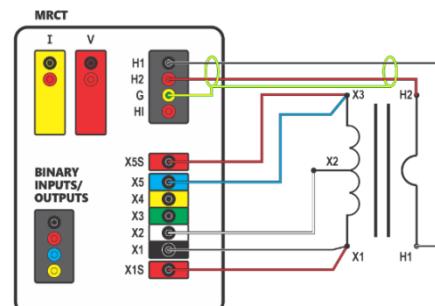
Pengukuran rasio digunakan untuk membandingkan nilai rasio hasil pengukuran dengan nilai yang ada pada nameplate. Alat yang digunakan untuk melakukan pengujian ini adalah alat uji injeksi arus (high current test injection), pengujian dilakukan dengan mengatur catu daya yang ada pada alat uji sesuai dengan nilai yang diharapkan serta mencatat arus yang ada pada sisi sekunder di kedua CT.

Peralatan yang digunakan untuk pengujian rasio adalah Megger MRCT (Megger Relay / CT Test Set) dengan merk Megger. Megger MRCT adalah alat uji Transformator Arus yang dapat digunakan untuk melakukan pengujian demagnetisasi, rasio, saturasi, resistansi belitan, polaritas, deviasi phasa, dan uji insulasi pada transformator arus. Megger MRCT secara otomatis menghitung kesalahan rasio, kurva saturasi dan *knee point*. Penguin dikontrol menggunakan *software* PowerDB Megger yang diinstal melalui laptop.



Gambar 3. 3 Alat Uji Megger MRCT

Penguin rasio transformator arus dilakukan dengan membuka terlebih dahulu kotak sekunder transformator arus. Rangkaian pengujian rasio dilakukan sesuai pada gambar 3.4. Adapun urutan pengujiannya dimulai dari Core 1, Core 2, Core 3 dan Core 4.



Gambar 3. 4 Rangkaian Penguin Rasio

Penguin rasio transformator arus dilakukan dengan membuka terlebih dahulu kotak kotak sekunder transformator arus. Pemasangan probe pada titik pengujian dilakukan oleh penguji dengan bantuan tangga dan full body harness. Kontrol terhadap pengujian menggunakan Megger MRCT dilakukan melalui aplikasi PowerDB.



Gambar 3. 5 Pelaksanaan Penguin Rasio

Tabel 3. 2 Hasil Penguin Core 1 dengan Power DB secara langsung

Tap	Ratio					
	Nameplate	Measured	% Error	Test (V)	Test (A)	Prim V (V)
S1-S2	800:1	799.554:1	0.056	149.44	0.0116	0.1869
S1-S3	1600:1	1599.04:1	0.060	298.88	0.0058	0.1869
S2-S3	800:1	799.49:1	0.064	149.43	0.0116	0.1869

Tabel 3. 3 Hasil Penguin Core 2 dengan Power DB secara langsung

Tap	Ratio					
	Nameplate	Measured	% Error	Test (V)	Test (A)	Prim V (V)
S1-S2	800:1	797.628:1	0.297	149.25	0.0156	0.1871
S1-S3	1600:1	1597.25:1	0.172	298.88	0.0078	0.1871
S2-S3	800:1	799.62:1	0.047	149.62	0.0156	0.1871

Tabel 3. 4 Hasil Penguin Core 3 dengan Power DB secara langsung

Tap	Ratio					
	Nameplate	Measured	% Error	Test (V)	Test (A)	Prim V (V)
S1-S2	1000:1	999.567:1	0.043	145.12	0.0130	0.1452
S1-S3	2000:1	1999.08:1	0.046	290.23	0.0065	0.1452
S2-S3	1000:1	999.51:1	0.049	145.11	0.0130	0.1452

Tabel 3. 5 Hasil Penguin Core 4 dengan Power DB secara langsung

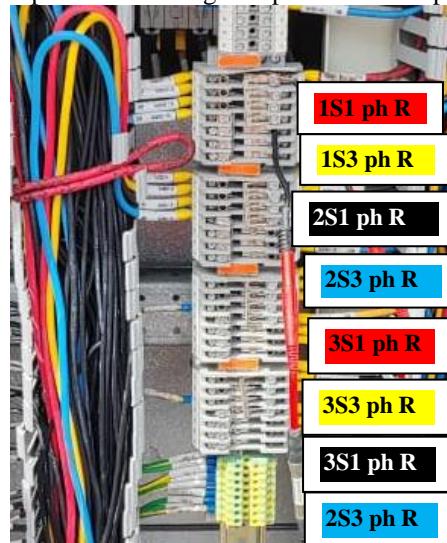
Tap	Ratio					
	Nameplate	Measured	% Error	Test (V)	Test (A)	Prim V (V)
S1-S2	1000:1	999.614:1	0.039	149.46	0.0111	0.1495
S1-S3	2000:1	1999.27:1	0.037	298.92	0.0055	0.1495
S2-S3	1000:1	999.652:1	0.035	149.46	0.0111	0.1495

Dari hasil diatas menunjukkan bahwa nilai rasio Transformator arus dalam kondisi baik. Hal ini dibuktikan dengan persentase eror dibawah 5%.

3.4. Penguin Transformator Arus melalui Marshalling Kiosk

Penguin Transformator Arus melalui Marshalling Kiosk dilakukan dengan cara yang sama tanpa menggunakan peralatan tambahan, hanya titik pengujian sisi sekunder yang dipindah ke Connecting Link Marshalling Kiosk.

Penguin Transformator Arus melalui Marshalling Kiosk dilakukan dengan membuka terlebih dahulu Marshalling Kiosk. Selanjutnya, perlu dipastikan titik-titik core sekunder transformator agar tidak salah dalam menentukan titik pengujian. Pada gambar 3.13 merupakan penentuan titik dari setiap core sekunder transformator arus. Setelah dipastikan titik sekundernya, dilakukan pelepasan rangkaian dengan ruang control dengan cara mengubah posisi connecting link pada kondisi lepas.



Gambar 3. 6 Titik Core Sekunder pada Marshalling Kiosk

Kabel yang digunakan untuk menghubungkan connecting link dengan core sekunder transformator arus menggunakan kabel NYCY 4x6 mm dengan panjang 10 meter. Berdasarkan PUIL 2000, Kuat Hantar Arus kabel ini di Udara adalah 44 Ampere.

Tabel 3. 6 Hasil Penguin Tahanan Isolasi melalui MK

Penguin Tahanan Isolasi		Standar: >150MOhm/150kV
1	Primer - Ground	-
2	Primer - Sekunder 1	-
3	Primer - Sekunder 2	-
4	Primer - Sekunder 3	-
5	Primer - Sekunder 4	-
6	Ground - Sekunder 1	466 MΩ
7	Ground - Sekunder 2	598 MΩ
8	Ground - Sekunder 3	353 MΩ
9	Ground - Sekunder 4	293 MΩ
10	Sekunder 1-Sekunder 2	850 MΩ
11	Sekunder 1-Sekunder 3	770 MΩ
12	Sekunder 1-Sekunder 4	727 MΩ
13	Sekunder 2-Sekunder 1	820 MΩ
14	Sekunder 2-Sekunder 3	848 MΩ

Penguin Tahanan Isolasi		Standar: >150MΩ/150kV
15	Sekunder 2-Sekunder 4	589 MΩ
16	Sekunder 3-Sekunder 1	651 MΩ
17	Sekunder 3-Sekunder 2	679 MΩ
18	Sekunder 3-Sekunder 4	522 MΩ
19	Sekunder 4-Sekunder 1	504 MΩ
20	Sekunder 4-Sekunder 2	604 MΩ
21	Sekunder 4-Sekunder 3	460 MΩ

Dari hasil pengujian tahanan isolasi dengan Insulation Tester, menunjukkan kondisi tahanan isolasi Transformator Arus masih dalam kondisi baik karena berada diatas standar VDE. Pada titik pengujian untuk sisi primer-sekunder tidak dapat dilakukan karena kemampuan isolasi kabel penghubung dari sekunder Transformator Arus ke Marshalling Kiosk berada dibawah standar tegangan pengujian yaitu sebesar 5 kV.

Berikut hasil pengujian menggunakan Megger MRCT pada aplikasi PowerDB transformator arus setelah dilakukan penyesuaian titik pengujian pada Marshalling Kiosk.

Tabel 3. 7 Hasil Penguin Core 1 dengan Power DB melalui MK

Tap	Ratio					
	Nameplate	Measured	% Error	Test (V)	Test (A)	Prim V (V)
S1-S3	1600:1	1599.04:1	0.060	298.90	0.0056	0.1869

Tabel 3. 8 Hasil Penguin Core 2 dengan Power DB melalui MK

Tap	Ratio					
	Nameplate	Measured	% Error	Test (V)	Test (A)	Prim V (V)
S1-S3	1600:1	1597.3:1	0.169	298.90	0.0077	0.1871

Tabel 3. 9 Hasil Penguin Core 3 dengan Power DB melalui MK

Tap	Ratio					
	Nameplate	Measured	% Error	Test (V)	Test (A)	Prim V (V)
S1-S3	2000:1	1999.02:1	0.049	281.76	0.0062	0.1409

Tabel 3. 10 Hasil Penguin Core 4 dengan Power DB melalui MK

Tap	Ratio					
	Nameplate	Measured	% Error	Test (V)	Test (A)	Prim V (V)
S1-S3	2000:1	2001.38:1	-0.069	298.92	0.0054	0.1494

Dari hasil diatas menunjukkan bahwa nilai rasio Transformator arus dalam kondisi baik. Hal ini dibuktikan dengan persentase eror dibawah 5%. Hasil pengujian juga hanya pada rasio 1600:1 dan 2000:1, untuk 800:1 dan 1000:1 tidak dapat dilakukan pengujian karena kabel tidak terhubung ke Marshalling Kiosk.

3.5. Standar Hasil Uji Tahanan Isolasi dan Rasio

Batas nilai yang digunakan untuk pengujian tahanan isolasi adalah 1 MΩ per 1 kV (phasa-phasa) sesuai dengan standar VDE. Artinya, untuk tegangan 150 kV memiliki batas minimal tahanan isolasi sebesar 150 MΩ untuk nilai Tahanan Isolasi yang masih dalam kondisi baik.

Tabel 3. 11 Evaluasi dan Rekomendasi untuk Penguin Tahanan Isolasi

No	Hasil Penguin	Keterangan	Rekomendasi Tindak Lanjut
1	> 1MΩ/1kV	Baik	
2	< 1MΩ/1kV	Buruk	Perlu di Lakukan Penguin Lanjutan

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Hasil Pengujian Tahanan Isolasi

Hasil pengujian tahanan isolasi transformator arus secara langsung dan melalui Connecting Link Marshalling Kiosk sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Perbandingan Hasil Penguin Tahanan Isolasi

Pengujian Tahanan Isolasi		Secara Langsung	Kon diisi	Melalui MK	Kon diisi	Persen Deviasi
1	Primer - Ground	340 GΩ	Baik	- GΩ	-	
2	Primer - Sekunder 1	240 GΩ	Baik	- GΩ	-	
3	Primer - Sekunder 2	260 GΩ	Baik	- GΩ	-	
4	Primer - Sekunder 3	270 GΩ	Baik	- GΩ	-	
5	Primer - Sekunder 4	280 GΩ	Baik	- GΩ	-	
6	Ground - Sekunder 1	560 MΩ	Baik	466 MΩ	Baik	16.79%
7	Ground - Sekunder 2	660 MΩ	Baik	598 MΩ	Baik	9.39%
8	Ground - Sekunder 3	438 MΩ	Baik	353 MΩ	Baik	19.41%
9	Ground - Sekunder 4	312 MΩ	Baik	293 MΩ	Baik	6.09%
10	Sekunder 1 - Sekunder 2	998 MΩ	Baik	850 MΩ	Baik	14.83%
11	Sekunder 1 - Sekunder 3	900 MΩ	Baik	770 MΩ	Baik	14.44%
12	Sekunder 1 - Sekunder 4	850 MΩ	Baik	727 MΩ	Baik	14.47%
13	Sekunder 2 - Sekunder 1	980 MΩ	Baik	820 MΩ	Baik	16.33%
14	Sekunder 2 - Sekunder 3	890 MΩ	Baik	848 MΩ	Baik	4.72%
15	Sekunder 2 - Sekunder 4	895 MΩ	Baik	589 MΩ	Baik	34.19%
16	Sekunder 3 - Sekunder 1	835 MΩ	Baik	651 MΩ	Baik	22.04%
17	Sekunder 3 - Sekunder 2	880 MΩ	Baik	679 MΩ	Baik	22.84%
18	Sekunder 3 - Sekunder 4	698 MΩ	Baik	522 MΩ	Baik	25.21%
19	Sekunder 4 - Sekunder 1	711 MΩ	Baik	504 MΩ	Baik	29.11%
20	Sekunder 4 - Sekunder 2	777 MΩ	Baik	604 MΩ	Baik	22.27%
21	Sekunder 4 - Sekunder 3	628 MΩ	Baik	460 MΩ	Baik	26.75%

Berdasarkan hasil uji pada Tabel 4.1, dilakukan perhitungan persen deviasi untuk mengetahui persentase perbedaan nilai dari kedua metode pengujian. Dari hasil tersebut didapatkan rata-rata perbedaan sebesar 18.68%. Kondisi yang didapatkan dari kedua metode pengujian sama-sama menunjukkan kondisi Tahanan Isolasi Transformator Arus yang baik. Dari hasil pengujian juga menunjukkan bahwa pengujian tahanan isolasi secara langsung lebih tinggi daripada tahanan isolasi melalui marshalling kiosk, hal ini dapat disebabkan karena tahanan isolasi yang terukur saat pengujian melalui marshalling

kiosk adalah antara kabel yang digunakan pada marshalling kiosk dimana kemampuan isolasinya lebih rendah dibandingkan kabel isolasi pada transformator arus. Pada pengujian tahanan isolasi melalui Marshalling Kiosk, sisi primer-sekunder tidak dapat dilakukan pengujian karena kemampuan isolasi kabel penghubung dari sekunder Transformator Arus ke Marshalling Kiosk berada dibawah standar tegangan pengujian yaitu sebesar 5 kV. Apabila tetap dilakukan, pengujian tahanan isolasi dapat merusak kabel isolasi.

4.2. Analisa Hasil Pengujian Rasio

Analisa hasil pengujian rasio dilakukan dengan membandingkan nilai pengujian pada rasio 1600:1 dan 2000:1 pada masing-masing core. Hal ini disebabkan hanya rasio tersebut yang terhubung ke Marshalling Kiosk. Berikut nilai perbandingan rasio ikut dari kedua metode pengujian rasio dengan alat uji Megger MRCT:

Tabel 4. 2 Perbandingan Hasil Uji Rasio

No	Core	Rasio	Secara Langsung		Melalui MK		Persen Deviasi
			Rasio Ukur	Error	Rasio Ukur	Error	
1	Core 1	1600:1	1599.04:1	0.060	1599.04:1	0.060	0.000%
2	Core 2	1600:1	1597.25:1	0.172	1597.3:1	0.169	0.003%
3	Core 3	2000:1	1999.08:1	0.046	1999.02:1	0.049	-0.003%
4	Core 4	2000:1	1999.27:1	0.037	2001.38:1	-0.069	0.106%

Berdasarkan perbandingan pada table 4.2, didapatkan persentase deviasi dari rasio ukur dibawah 0,106%. Hal ini menunjukkan perbedaan hasil pengujian rasio secara langsung dengan melalui Marshalling Kiosk sangat kecil. Kondisi yang didapatkan dari kedua metode pengujian sama-sama menunjukkan kondisi Rasio Transformator Arus yang baik. Pada pengujian transformator arus melalui marshalling kiosk, hanya dilakukan pengujian pada rasio 1600:1 dan 2000:1, untuk rasio 800:1 dan 1000:1 tidak dapat dilakukan karena rasio tersebut tidak terhubung ke Marshalling Kiosk.

Dari pengujian rasio dengan Megger MRCT, didapatkan nilai resistansi antara sisi sekunder Transformator Arus sampai dengan connecting link pada marshalling kiosk.

4.3. Analisa Efektifitas Waktu Pengujian

Dalam melakukan analisa waktu penyelesaian pengujian Transformator Arus baik secara langsung dan pengujian melalui Marshalling Kiosk, Didapatkan data timeline Waktu sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Linimasa Penguin Transformator Arus

No	Waktu	Kegiatan	Keterangan
1	10:40 – 11:00	Persiapan Peralatan dan Alat uji	
2	11:00 – 11:30	Pelepasan Klem dan Setting Software	Kabel Port Uji ke Laptop Tidak Cocok
3	11:30 – 12:55	Istirahat dan Penggantian Kabel Uji	
4	12:55 – 13:05	Pelepasan Kotak Sekunder Trafo Arus	

No	Waktu	Kegiatan	Keterangan
5	13:05 – 14:40	Penguin Rasio secara Langsung	
6	14:40 – 14:50	Pemasangan dan Penutupan Sekunder Trafo Arus	
7	14:50 – 15:50	Penguin Rasio melalui MK	
8	15:50 – 16:20	Istirahat	
9	16:20 – 16:30	Persiapan Penguin Tahanan Isolasi	
10	16:30 – 17:15	Penguin Tahanan Isolasi secara Langsung	
11	17:15 – 17:25	Penguin Tahanan Isolasi melalui MK	
12	17:25 – 17:45	Selesai	

Berdasarkan linimasa waktu pengujian transformator arus, didapatkan perbedaan waktu sebesar 45 menit lebih cepat untuk pengujian rasio melalui Marshalling Kiosk. Sedangkan untuk pengujian tahanan isolasi membutuhkan waktu 35 menit lebih cepat ketika dilakukan pengujian melalui Marshalling Kiosk. Penguin melalui Marshalling Kiosk dapat dilakukan lebih cepat daripada secara langsung, hal ini disebabkan oleh:

1. Titik pengujian melalui Marshalling Kiosk lebih sedikit daripada pengujian secara langsung.
2. Kemudahan proses pengujian karena tidak bekerja diketinggian (diatas 2 meter).

4.4. Analisa Keselamatan Penguin

Dilakukan identifikasi bahaya dan resiko pada pelaksanaan pengujian transformator arus. Berikut hasil identifikasi bahaya dan pengendalian resiko terhadap pelaksanaan pengujian Transformator Arus melalui Marshalling Kiosk.

Tabel 4. 4 Identifikasi Bahaya dan Pengendalian Resiko Penguin Transformator Arus melalui MK

No	Potensi Bahaya	Akibat	Pengendalian Resiko
1	Terkena Induksi Tegangan dari Alat Uji	Kematian	Menggunakan APD, Bekerja sesuai Instruksi Kerja, Pengawasan
2	Kesalahan titik pengujian pada MK	Peralatan Rusak, Hasil Tidak sesuai	Bekerja sesuai Instruksi Kerja, Pemeriksaan Wiring

Berdasarkan identifikasi bahaya dan pengendalian resiko pada table 4.4, maka dapat disimpulkan hal yang membedakan antara pengujian Transformator Arus melalui Marshalling Kiosk dengan secara langsung adalah tidak adanya resiko terjatuh dikarenakan tidak bekerja pada ketinggian diatas dua meter. Namun, pada pengujian melalui marshalling kiosk memerlukan ketelitian lebih karena memastikan titik

pengujian pada Marshalling Kiosk harus sesuai dengan core yang ada pada sisi sekunder transformator arus. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemeriksaan titik uji pada marshalling kiosk sebelum dilakukan pengujian.

4.5. Analisa Penguin Transformator Arus melalui Connecting Link Marshalling Kiosk

Berdasarkan analisa yang sudah dipaparkan sebelumnya, pengujian transformator arus melalui connecting link marshalling kiosk tidak dapat digunakan sebagai pemeliharaan rutin pada transformator arus. Hal ini disebabkan tidak semua titik pengujian dapat diuji melalui marshalling kiosk. Namun, pengujian transformator arus melalui marshalling kiosk dapat digunakan sebagai asesmen atau apabila membutuhkan waktu yang cepat untuk mendapatkan hasil pengujian seperti saat terjadi gangguan. Penguin transformator arus melalui connecting link marshalling kiosk perlu dilakukan pemeriksaan titik uji pada marshalling kiosk sebelum dilakukan pengujian. Apabila pemeriksaan titik uji tidak dilakukan, maka berpotensi terjadi kesalahan titik uji pada transformator arus.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai Perbandingan Pengujian Transformator Arus melalui *Connecting Link* Marshalling Kiosk ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perbandingan hasil pengujian Tahanan Isolasi didapatkan bahwa Penguin Transformator Arus melalui *Connecting Link* Marshalling Kiosk menunjukkan nilai kondisi yang sama dengan perbedaan nilai deviasi sebesar rata-rata 18.68% dengan Penguin Transformator Arus secara langsung dengan nilai pengujian melalui Marshalling Kiosk lebih kecil dikarenakan tahanan isolasi yang terukur saat pengujian melalui marshalling kiosk adalah antara kabel yang digunakan pada marshalling kiosk dimana kemampuan isolasinya lebih rendah dibandingkan kabel isolasi pada transformator arus.
2. Perbandingan hasil pengujian Rasio didapatkan bahwa Penguin Transformator Arus melalui *Connecting Link* Marshalling Kiosk menunjukkan nilai kondisi yang sama dengan perbedaan persentase deviasi dari rasio ukur dibawah 0,106% deviasi sebesar rata-rata 18.68% dengan Penguin Transformator Arus secara langsung.
3. Penguin Transformator Arus melalui *Connecting Link* Marshalling Kiosk tidak dapat dilakukan pada semua titik pengujian seperti pengujian secara langsung karena tidak semua titik pengujian terhubung ke Marshalling Kiosk serta kemampuan isolasi kabel pada Marshalling Kiosk di bawah standar tegangan pengujian sebesar 5 kV.
4. Memiliki durasi pengujian yang lebih singkat daripada pengujian Transformator Arus secara langsung dengan selisih durasi pengujian Tahanan Isolasi 35 menit lebih cepat dan pengujian Rasio 45 menit lebih cepat.
5. Pengujian transformator arus melalui *connecting link* marshalling kiosk perlu dilakukan pemeriksaan titik

uji pada marshalling kiosk sebelum dilakukan pengujian.

5.2. Saran

Setelah dilakukan pembahasan mengenai pengujian transformator arus melalui connecting link marshalling kiosk dengan pengujian transformator arus secara langsung, penulis memberikan beberapa saran yaitu:

1. Peningkatan kompetensi pelaksana dan ketelitian dalam pelaksanaan perlu dilakukan untuk mengurangi jumlah gangguan akibat kesalahan yang dilakukan saat pengujian transformator arus saat membuka kotak panel sekunder transformator arus.
2. Penambahan waktu pelaksanaan saat pengujian transformator arus diperlukan agar pelaksanaan pengujian transformator arus tidak terburu-buru dan mendapatkan hasil yang benar.
3. Penambahan saluran pengantar agar saat dilakukan pengujian pemeliharaan, tidak terjadi pemadaman konsumen serta kualitas pemeliharaan menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SK-DIR 0520-2.K/DIR/2014 (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tegangan*. PT PLN (Persero). Jakarta Selatan.
- [2] IEEE Std C57.104-2008. *Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil-Immersed Transformers*.
- [3] IEC 60422 (2013). *Mineral Insulating Oils in Electrical Equipment-Supervision and Maintenance Guidance*.
- [4] Hardityo, Rahmat (2008). *Deteksi dan Analisis Indikasi Kegagalan Transformator dengan Metode Analisi Gas Terlarut*. Jakarta: Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [5] CIGRE WG A2.18 (2003). *Guide for Life Management Techniques For Power Transformers*.
- [6] Badan Standarisasi Nasional (2000). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*. Jakarta: BSN
- [7] Undang – Undang No. 1 Tahun 1970. Tentang Keselamatan Kerja dan Pasal – Pasal yang Mengatur Tentang Alat Pelindung Diri.
- [8] SPLN T5.005:2014 (2014). *Pedoman Pembangunan Gardu Induk Minimalis*. PT PLN (Persero). Jakarta Selatan.