



## ANALISIS KUALITAS MINYAK TRANSFORMATOR PADA PT. PLN ULTG PANAKKUKANG

Nurul Hidayani<sup>1</sup>, Iqbal Hasanuddin<sup>2</sup>, Abd. Hafid<sup>3</sup>, Zahir Zainuddin<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar,

<sup>4</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

e-mail : [nurulhidayani382@gmail.com](mailto:nurulhidayani382@gmail.com)<sup>1</sup>, [iqbalhasanuddi100@gmail.com](mailto:iqbalhasanuddi100@gmail.com)<sup>2</sup>,  
[abduhaffif@unismuh.ac.id](mailto:abduhaffif@unismuh.ac.id)<sup>3</sup>, [zahirzainuddin@gmail.com](mailto:zahirzainuddin@gmail.com)<sup>4</sup>

*Abstract— Nurul Hidayani and Iqbal Hasanuddin. 2023. Analysis of Transformer Oil Quality at PT. PLN ULTG PANAKKUKANG. Supervised by Abdul Hafid and H. Zahir Zainuddin. Therefore, this study aims to determine the condition and quality of the oil breakdown voltage in power transformers and to find out the result of testing the oil breakdown voltage in power transformers at the Panakkukang Substation. The research method is descriptive analysis by collecting data and then analyzing it, then drawing conclusions from the data and the result of the analysis. Then this research uses literature studies, licensing and data collection, data analysis, then completion of research which contains conclusions and providing suggestions. The result of his research are that the power transformer at the Panakkukang Substation is in good condition because it is new and has recently been replaced. The results of the insulating oil breakdown voltage test, the bottom oil averaged 46,6kV/2,5mm the conclusion was still good. OLTC oil average breakdown voltage 28,6kV/2,5mm poor oil needs oil change.*

*Keywords: power transformer, breakdown voltage test, transformer oil.*

*Intisari— Nurul Hidayani dan Iqbal Hasanuddin. 2023. Analisis Kualitas Minyak Transformator Pada PT. PLN ULTG PANAKKUKANG. Dibimbing oleh Abdul Hafid dan H. Zahir Zainuddin. Maka dari itu penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui keadaan dan kualitas tegangan tembus minyak di transformator tenaga dan untuk mengetahui hasil pengujian tegangan tembus minyak di transformator tenaga di Gardu Induk Panakkukang. Metode penelitiannya yaitu analisa deskriptif dengan mengumpulkan data lalu menganalisanya, kemudian mengambil kesimpulan dari data dan hasil analisis. Lalu penelitian ini menggunakan studi literatur, perizinan dan pengambilan data, analisa data, lalu penyelesaian penelitian yang berisi kesimpulan dan pemberian saran. Hasil penelitiannya transformator tenaga di Gardu Induk Panakkukang dalam keadaan baik karena baru dan belum lama diganti. Hasil uji tegangan tembus minyak isolasi, minyak bagian bawah rata-rata 46,6kV/2,5mm kesimpulan masih baik. Minyak OLTC tegangan tembus rata-rata 28,6kV/2,5mm minyak kurang baik perlu penggantian minyak.*

*Kata Kunci: Transformator Tenaga, Tes Tegangan Tembus (Breakdown Voltage Test), Minyak Trafo.*



## PENDAHULUAN

Dalam pengoperasian suatu sistem tenaga listrik keseimbangan sistem sangatlah penting agar mudah dalam memberikan kenyamanan pelayanan kepada konsumen. Dengan menjaga kenyamanan suatu sistem tenaga listrik yaitu dengan memperhatikan kondisi alat-alat tenaga listrik yang ada. Peralatan terpenting dalam suatu sistem tenaga listrik adalah trafo.[1]

Transformator yaitu suatu peralatan listrik untuk mengubah tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan rendah dan sebaliknya dengan cara memindahkan energi listrik dari sisi primer ke sisi sekunder melalui induksi magnet. Trafo mempunyai peranan penting dalam proses penyaluran tenaga listrik, oleh karena itu kenyamanan trafo harus dijaga agar tidak mengalami kerusakan.

Apabila transformator mengoprasasi lebih dari Batas temperatur yang ditentukan dapat mengakibatkan kegagalan isolasi pada minyak trafo, sehingga minyak trafo sangat penting dalam isolasi dan pendinginan trafo daya. Pembebanan yang berlebihan akan menyebabkan minyak trafo memuai dan menghasilkan gas-gas yang larut dalam minyak. Gas-gas ini kemudian mengendap dan terkontaminasi dengan minyak, sehingga mengakibatkan berkurangnya kemampuan isolasi minyak.

Keadaan transformator harus dipertahankan dengan mengetahui kualitas minyak transformator. Sehingga perawatan trafo secara rutin dinilai lebih baik dari segi ekonomi dibandingkan dengan mengganti trafo. kondisi transformator dapat dipertahankan atau dijaga dengan mengetahui kualitas minyak transformator. Sehingga pemeliharaan transformator. Dilapangan biasanya ditemui kasus permasalahan oli trafo baik dari perencanaan awal, prosedur perawatan bahkan perawatan yang buruk sehingga kinerja dari oli trafo itu sendiri tidak bisa bagus.

Oleh karena itu untuk mengoptimalkan pemeliharaan minyak transformator secara berkala dilakukan penelitian secara detail agar dapat membandingkan keunggulan pemeliharaan minyak transformator sebelumnya dengan pemeliharaan minyak transformator yang sekarang. Inilah menjadi salah satu alasan penulis mengadakan penelitian yang membahas tentang “ANALISIS KUALITAS MINYAK TRANSFORMATOR PADA PT. PLN ULTG PANAKKUKANG”.

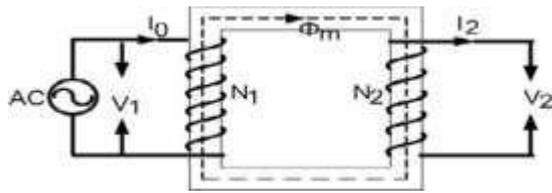
## TINJAUAN PUSTAKA

### A. *Transformator*

Transformator berfungsi menyalurkan daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah dan sebaliknya. Selain itu diartikan juga sebagai perubahan tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat lainnya melalui sepasang magnet dan berdasarkan prinsip induksi dan elektromagnet. Inti trafo sendiri terbuat dari besi berlapis dan terdapat dua buah kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. [2]

Transformator digunakan secara merata, di bidang tenaga listrik dan elektronik. Penggunaan trafo sendiri dalam sistem tenaga listrik memungkinkan pemilihan tegangan yang baik dan ekonomis untuk kebutuhan, misalnya kebutuhan tegangan tinggi dalam pengiriman tenaga listrik jarak jauh..[2]

Transformator dapat mengubah tegangan tinggi menjadi tegangan rendah dan sebaliknya dan terdiri dari dua kumparan atau lebih, digabungkan melalui rangkaian magnet. Proses pertukaran energi pada transformator disebabkan oleh induksi medan magnet. Transformator merupakan salah satu komponen penting dalam rangkaian kelistrikan mulai dari rangkaian daya rendah, arus rendah dan kendali hingga sistem tenaga tegangan ultra tinggi..[3]



Gbr 1. Rangkaian Sederhana Transformator

Keterangan Gambar:

$V_1$  = tegangan primer

$V_2$  = tegangan sekunder

$I_0$  = arus primer

$I_2$  = arus sekunder

$N_1$  = jumlah lilitan kumparan primer

$N_2$  = jumlah lilitan kumparan sekunder

$\Phi$  = fluks magnet Bersama

Prinsip transformator dalam hukum induksi Faraday dan hukum Lorentz dalam transmisi daya. Dari kedua prinsip tersebut (hukum induksi Faraday dan hukum Lorentz) disimpulkan bahwa arus yang mengalir pada belitan primer akan mendorong inti besi trafo kemudian pada inti besi mengalir fluks magnet dan fluks magnet ini mendorong belitan sekunder sehingga pada ujung belitan sekunder akan terjadi beda potensial. Penggunaan trafo dikelompokkan sebagai berikut:

1. Transformator daya
2. Transformator distribusi
3. Transformator pengukuran; yang terdiri dari transformator arus dan transformator tegangan.[4]

Transformator merupakan bagian dari komponen elektronika yang mempunyai fungsi sangat penting. Salah satunya adalah mentransfer daya listrik antara dua rangkaian listrik. Perpindahan ini biasanya terjadi pada frekuensi yang sama.

#### B. Bagian Utama Transformator

1. Inti Besi

Inti besi (electromagnetic circuit) adalah aliran fluks yang timbul akibat induksi arus bolak-balik pada suatu kumparan yang mengelilingi inti besi kemudian mendorongnya kembali ke kumparan yang lain. Berasal dari pelat besi berinsulasi tipis yang disusun rapi.[2]

2. Kumparan Transformator

Kumparan trafo merupakan kumparan kawat berisolasi yang membentuk suatu kumparan. Kumparan terbagi menjadi dua yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder yang diisolasi baik dengan inti besi maupun antar kumparan dengan insulasi padat seperti karton, pertinak dan lain-lain. Kumparan sendiri merupakan alat pengubah tegangan dan arus.[2]

3. Bushing

*Busing mempunyai penghantar yang dihubungkan dengan kumparan di dalam trafo dan penghantar serta ditutup dengan bahan isolasi. Fungsi bushing adalah sebagai penghubung antara kumparan trafo dengan jaringan di luar trafo.*[2]

4. Tangki Konservator

Konservator untuk menampung minyak ketika suhu trafo naik. Ketika volume minyak di dalam konservator naik dan turun akibat muai dan kontraksi minyak, maka volume udara di dalam konservator akan bertambah dan berkurang.[2]

### C. *Peralatan Bantu Transformator*

#### 1. Pendingin

Pendingin pada trafo berikut untuk menjaga kinerja trafo pada suhu rendah. Inti besi dan kumparan akan menghasilkan panas dari kehilangan tembaga. Panas tersebut disebabkan oleh kenaikan suhu yang berlebihan dan hal ini akan merusak isolasi.[2]



Gbr 2. Alat Pendingin Minyak Transformator

#### 2. *Tap Charger*

Pengisi daya keran adalah penstabil tegangan keluaran di sisi sekunder transformator daya. Cara kerjanya adalah dengan mengubah jumlah kumparan primer yang mempunyai tegangan masukan variabel sehingga menghasilkan nilai tegangan keluaran yang konstan.[2]

#### 3. *Alat Pernafasan (Dehydrating Breather)*

Alat bantu pernafasan berfungsi untuk mencegah kontaminasi minyak trafo dari udara luar yang masuk kembali ke dalam trafo, sehingga trafo daya dilengkapi dengan alat pernafasan yaitu tabung berisi zat kristal (silica gel) yang ditempelkan pada bagian luar trafo.[2]

#### 4. *NGR (Neutral Grounding Resistance)*

NGR merupakan resistansi yang dipasang seri dengan netral sekunder pada trafo sebelum dihubungkan ke ground/pembumian. Fungsi NGR adalah untuk mengontrol besarnya arus gangguan yang mengalir dari sisi netral ke tanah.[2]

#### 5. Indikator-Indikator

Indikator-indikator yang dibutuhkan ketika transformasi bekerja antara lain sebagai berikut:

1. Indikator suhu oli
2. Indikator level oli
3. Indikator suhu belitan
- D. Ketuk indikator posisi.[2]

#### E. *Gangguan Transformator*

Rentang kecil transformator terhindar dari gangguan, tapi akibat dari gangguan itu diusahakan dampak seminimal mungkin. Menurut letak penyebab gangguannya, penyebab gangguan pada transformator ada dua macam, yaitu gangguan luar dan gangguan dalam.[2]

##### 1. *Gangguan Eksternal*

Sumber gangguan luar berasal dari luar pengaman trafo, namun dampak yang dirasakan oleh trafo antara lain:

###### a. *Gangguan hubung singkat pada jaringan*

Gangguan hubung singkat di luar trafo seringkali menghasilkan arus yang sangat besar hingga mencapai beberapa kali lipat dari arus nominal.

###### b. *Beban lebih*

Transformator daya beroperasi terus menerus pada arus beban pengenalnya. Jika free serve lebih besar dari 100% maka terjadi overburden. Hal ini biasanya menyebabkan panas berlebih. Keadaan ini biasanya tidak menimbulkan kerusakan, hanya saja jika terus menerus dilakukan akan memperpendek umur insulasi.

###### c. *Surja petir*



Gelombang lonjakan petir ini terjadi karena faktor cuaca, yaitu petir yang menyambar jaringan transmisi dan kemudian mengenai gardu induk terdekat tempat dipasangnya trafo listrik. Terkadang terjadi dalam kurva waktu yang sangat singkat yaitu beberapa puluh mikrodetik, namun tegangan puncak yang dimiliki cukup tinggi dan energi yang dikandungnya besar, sehingga hal ini menyebabkan kerusakan pada trafo daya..[2]

## 2. Gangguan Internal

Gangguan internal antara lain adalah gangguan yang berasal dari area keselamatan/area teluk trafo:

- a. Gangguan hubung singkat antarbelitan dan inti transformator daya.
- b. Gangguan hubung singkat belitan dengan tangki transformator daya.
- c. Gangguan pada isolasi (minyak) transformator daya.[2]

### F. *Pemeliharaan*

Sistem pemeliharaan listrik tegangan tinggi yaitu suatu proses aktivitas untuk pertahanan keadaan dan menjaga akan peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan dapat mencegah gangguan yang menyebabkan kerusakan. Pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi mempunyai tujuan untuk menjamin kelangsungan penyaluran tenaga listrik dan menjamin keandalannya, antara lain:

1. Meningkatkan *reliability*, *availability*, dan *efficiency*.
2. Memperpanjang umur peralatan.
3. Mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan.
4. Meningkatkan *safety* peralatan.
5. Mengurangi lama waktu padam akibat sering gangguan.[2]

Jenis perawatan trafo digolongkan menjadi 4 yaitu:

### 1. *Preventive Maintenance*

Pemeliharaan dilakukan untuk mencegah kerusakan mendadak pada trafo dan menjamin trafo bekerja secara rutin sesuai unsur teknisnya. Biasanya dilakukan sesuai petunjuk manual dari pabrik, standar yang ada dan pengalaman pengoperasian di lapangan. Lingkup pekerjaan preventif adalah: inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan dan penyetelan, sehingga peralatan atau mesin selama pengoperasian terlindungi dari kerusakan..[2]

### 2. *Predictive Maintenance*

*Predictive maintenance* adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan cara memperhatikan keadaan transformator kemungkinan transformator akan menuju kegagalan. Memperhatikan hal itu dapat diketahui gejala kerusakan sedini mungkin. Hal paling sering digunakan antara lain, memonitori kondisi secara *online*, walaupun transformator sedang operasi maupun tidak beroperasi. Maka itu diperlukan peralatan dan alat khusus untuk mengatasi.[2]

### 3. *Correction Maintenance*

*Corrective maintenance* merupakan satu pemeliharaan dilakukan dengan rencana pada waktu tertentu pada saat trafo mengalami kelainan atau kinerja rendah pada saat menjalankan fungsinya dengan tujuan mengembalikannya pada keadaan semula disertai dengan perbaikan dan penyempurnaan instalasi. Cara ini juga sebagai pengganti yang rusak atau kurangberfungsi yang dilakukan dengan berencana.[2]

### 4. *Breakdown Maintenance*

*Breakdown maintenance* yaitu pemeliharaan dilakukan atas dasar kerusakan yang tiba – tiba



dimana waktunya tidak tertentu dan bersifat darurat.[2]

### G. Pedoman Pemeliharaan

#### 1. In Service Inspection

*In Service Inspection* adalah kegiatan inspeksi dilakukan saat transformator dalam keadaan sedang bertegangan/operasi. Tujuannya dapat mengetahui secara dini gangguan ketidaknormalan mungkin terjadi dalam transformator tanpa melakukan pemadaman. *In Service Inspection* dilakukan pada subsistem transformator adalah *bushing*, pendingin, pernapasan, sistem control dan proteksi, *on load tap charger (OLTC)*, struktur mekanik, meter suhu/temperatur, *system monitoring thermal*, belitan, NGR (*Neutral Grounding Resistor*).[2]

#### 2. In Service Measurement

*In service* merupakan kegiatan pengukuran/ pengujian yang dilakukan pada saat trafo berada dibawah tegangan. Tujuannya untuk mengetahui keadaan trafo tanpa padam. Pengukuran dan pengujian kondisi dilakukan dengan proses DGA (*Dissolved Gas Analysis*), Pengujian kualitas minyak terdiri dari pengujian kadar air, pengujian tegangan tembus, pengujian kadar asam, pengujian warna minyak, pengujian sedimen, tangen delta minyak, pengujian peluahan sebagian, getaran dan kebisingan..[2]

#### 3. Shutdown Testing

*Shutdown Testing* merupakan kegiatan pengujian yang dilakukan pada saat trafo dalam keadaan mati. Pengujian yang dilakukan adalah pengukuran tahanan isolasi, pengukuran tan delta, pengukuran SFRA, tes rasio.[2]

#### 4. Shutdown Function Check

*Shutdown function check* kegiatan tujuan Uji fungsi relai proteksi dan komponen pada trafo yaitu *relai Bucholtz*, *relai Jense*, *relai tekanan mendadak*, *rele thermal*. [2]

### H. Minyak Trafo (Transformer Oil)

#### 1. Pengertian Minyak Trafo

Minyak transformator yaitu bagian trafo menerima beban kerja paling besar dalam kinerja transformator. Oleh karena itu, kondisi oli trafo harus dipantau secara berkala untuk memastikan trafo dapat berfungsi dengan baik baik.[5]

isamping itu Minyak trafo yang digunakan harus memenuhi syarat yaitu kekuatan insulasi yang tinggi, pembuangan panas yang baik, berat jenis yang kecil, sehingga partikel-partikel dalam minyak dapat cepat mengendap, viskositas yang rendah sehingga mudah bersirkulasi dan kemampuan pendinginan yang lebih baik, titik nyala yang tinggi.

, non-volatile yang dapat membahayakan, tidak merusak bahan isolasi padat, dan mempunyai sifat kimia yang stabil.[3]

Kemampuan transformator sebagai bahan isolasi yaitu sebagai berikut:

- a. Menahan terhadap tegangan tembus.
- b. Sebagai bahan pendingin yang mampu meredam panas yang timbul, maka untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebihan maka perlu dilengkapi dengan sistem pendingin untuk menyalurkan panas dari trafo..
- c. Sebagai media pemadam busur api karena pada saat trafo beroperasi menghasilkan senyawa gas akibat dari proses penuaan dan dampak gangguan, selain itu kenaikan temperatur yang berlebihan akan menimbulkan loncatan bunga api pada belitan trafo..
- d. Melindungi belitan dan badan trafo dari oksidasi dan korosi. Minyak transformator



merupakan salah satu minyak mineral yang diperoleh melalui penyulingan minyak mentah. Selain itu minyak juga berasal dari bahan organik seperti piranol dan silikon.[6]

Minyak trafo berasal dari bahan kimia organik yaitu senyawa atom C dan H. Trafo beroperasi menghasilkan suhu yang tinggi (bisa mencapai 80°C), adanya busur listrik, misalnya pada *on load tap changer* (OLTC) di udara sekitar yang lembab sehingga menimbulkan berbagai gas. dan air dalam minyak transformator. Gas-gas yang timbul adalah H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub>. [6] Minyak transformator harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Kekuatan isolasi harus tinggi.
- b. Kejernihan penampilan, yaitu minyak harus memiliki warna yang jernih dan bersih.
- c. *Viskositas* (Kekentalan) yang rendah semakinkonduktivitas termal yang baik sehingga kualitas minyak trafo juga semakin baik.
- d. Massa jenis, yaitu perbandingan massa suatu volume zat cair dengan air pada volume dan suhu yang sama.
- e. Titik nyala menandakan bahwa minyak trafo dapat dipanaskan sampai suhu tertentu sebelum uap yang timbul menjadi kebakaran yang berbahaya.
- f. Titik tuang, merupakan suhu terendah ketika minyak akan terus mengalir ketika didinginkan hingga suhu di bawah suhu normal.
- g. Angka netralitas, merupakan angka yang menunjukkan komposisi asam minyak isolator dan dapat mendeteksi kontaminasi minyak, menunjukkan kecenderungan terjadinya perubahan kimia, cacar, atau indikasi adanya perubahan kimia pada bahan tambahan.
- h. Kompresi oksidasi, merupakan proses oksidasi yang menyebabkan peningkatan kecenderungan minyak membentuk asam dan pengotor padat yang nantinya akan membentuk endapan.
- i. Kadar air, dengan adanya kandungan air pada minyak trafo akan menurunkan tegangan tembus dan resistivitas minyak tersebut, serta memicu munculnya hot spot sehingga akan mempercepat kerusakan pada isolasi kertas.
- j. Tegangan rusaknya, merupakan kemampuan minyak dalam menahan tegangan listrik. [7]

## 2. Jenis minyak Trafo

- a. Minyak trafo mineral: Minyak yang berbahan dasar pengolahan minyak bumi, yaitu antara fraksi minyak solar dan minyak turbin yang mempunyai struktur kimia yang sangat kompleks. [5]
- b. trafo sintetis (askarel): Oli jenis ini memiliki khasiat yang lebih bermanfaat, antara lain tidak mudah terbakar dan non-oksidasi. Namun, beracun dan dapat melukai kulit.

Tabel 1. Jenis Minyak

Minyak Mineral	Minyak Sintesis
Diala C, B (USA)	Aroclor (USA)
Univolt (Esso)	Clophen (Jerman)
Nynas (Swedia)	Phenoclor (Perancis)
Mictrans (Jepang)	Pyroclor (Uk)
Sun Ohm-Mu (Korea)	Fenclor (Itali)
Petromi (Dubai)	Pyralene (Perancis)
BP-Energol (UK)	Pyranol (USA)



## 2. Pengujian Minyak Isolasi

Harga transformator itu sangatlah mahal, tetapi memantau unjuk kerja sistem transformator rata-

rata

Keterangan :

$$= V_{b(rata-rata)} (kV/mm) \dots \dots \dots (1)$$

melalui kondisi minyak tidak mahal dibandingkan dengan biaya jika trafo rusak. Jadi umur trafo yang sudah tua kurang lebih 40 tahun, bahkan dengan kualitas oli trafo yang sangat baik diharapkan bisa setara dengan umur trafo. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Perusahaan Inspeksi dan Asuransi AS, 10% kegagalan transformator daya disebabkan oleh kerusakan bahan isolasi dan kegagalan "kelebihan beban" internal pada belitan tegangan tinggi yang disebabkan oleh peningkatan endapan/lumpur..[5]

Tabel 2. Standar Minyak Trafo

No.		Standar
1.	IEC	International standard
2.	BS, ASTM, JIS, SNI	National specifications
3.	ABB, GEC-Ahlstrom, Unindo	Transformer producer specifications
4.	TNB, PLN	Power distributor Specifications

## 3. Breakdown Voltage Test

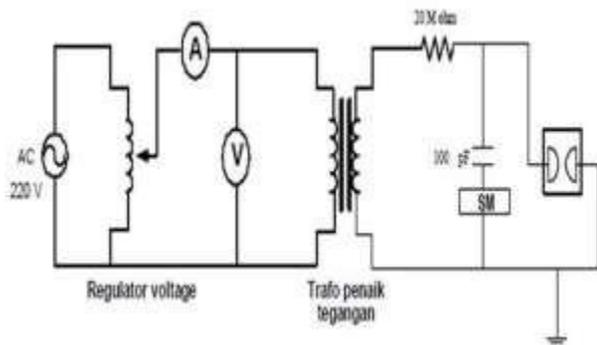
Uji tegangan tembus merupakan uji pemeliharaan prediktif yang dilakukan terhadap minyak isolasi (oli) prinsipnya dengan melakukan pengukuran selama 6 kali percobaan, akan timbul bunyi apabila tegangan naik, diberi selang waktu 5 menit untuk gangguan maka dilakukan pengujian. keluar lagi dan seterusnya sampai jam 6.[5]



Gbr 3. Alat Penguji Tegangan Tembus Megger OTS 100AF



Vb : Tegangan Tembus (kV)  
E : Kekuatan Dielektrik (kV/mm) D: Jarak sela (mm)



Gbr 4. Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus Minyak

Untuk memastikan kelayakan tegangan tembus minyak dari minyak trafo maka harus dilakukan pengujian. Uji tegangan tembus oli dilakukan dengan memberikan tegangan AC yang tinggi. Untuk menghasilkan arus bolak-balik tegangan tinggi, trafo uji yang digunakan adalah trafo satu fasa. Karena pengujian biasanya dilakukan untuk setiap fase.

$$Vb = A.d^n \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- Vb : Tegangan Tembus/Breakdown (kV)
- A : Konstanta
- d : Panjang ruang celah (mm)
- n : Konstanta yang nilainya kurang dari 1

## I. METODE PENELITIAN

### A. Tempat Dan Waktu Penelitian

1. Lokasi PT. PLN (PERSERO) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk Panakkukang yaitu bertempat di Jl. Hertasing Baru. Blok B, Pandang, Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan.
2. Pembuatan proposal dan penelitian dilakukan selama 17 hari dimulai pada tanggal 15



Mei sampai dengan 31 Mei 2023. PT. PLN ULTG PANAKKUKANG

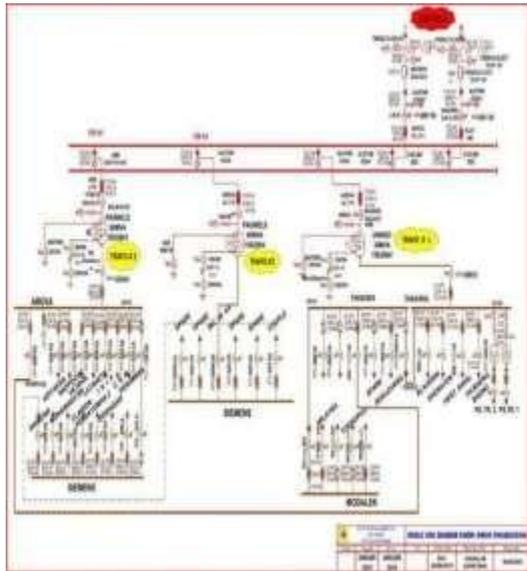
Gbr 5. Lokasi PT. PLN (PERSERO) ULTG PANAKKUKANG

### 3. Metode Penelitian

Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Tahap Identifikasi
2. Tahap Pengumpulan
3. Tahap Pengolahan Data
4. Tahap Analisa dan Pembahasan
5. Tahapa Kesimpulan dan Saran

#### B. Single Line Diagram



Gbr 6. Single Line Gardu Induk Panakkukang

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji tegangan tembus merupakan uji pemeliharaan prediktif yang dilakukan terhadap minyak isolasi (oli) prinsipnya dengan melakukan pengukuran selama 6 kali percobaan, akan timbul bunyi apabila tegangan naik, diberi selang waktu 5 menit untuk gangguan maka dilakukan pengujian. keluar lagi dan seterusnya sampai jam 6.

Hasil uji tegangan tembus minyak dengan suhu 30<sup>0</sup>C dengan menggunakan alat uji Megger Tipe 100AF sbb:

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo

No	Uraian Kegiatan	Acuan		Selang waktu 5 menit-an ke	Hasil (kV/2,5mm)
		Tegangan	Teg. Tembus yang diijinkan		
1	Tebegangan Tembus Minyak	<i>Standar IEC 156</i>			
	-Minyak Bawah	<70kV	>30kV/2.5mm	1	44,5
		V		2	43,2



		70- 170k V >170	>40kV/ 2.5mm		3	45,9
				>50kV/ 2.5mm	4	50,2
					5	53,4
					6	42,3
					Rata-rata	46,6
	-Minyak OLTC	<70k V 70- 170k V >170	>40kV/ 2.5mm	>30kV/ 2.5mm	1	29,1
					2	29,4
					3	28,6
					4	29,5
				>50kV/ 2.5mm	5	28,3
					6	26,4
					Rata-rata	28,6

A. *Analisis Tegangan Minyak Bagian Bawah*

Berdasarkan Tabel 3, perubahan tersebut mempengaruhi tegangan tembus minyak trafo pada 6 kali pengujian yaitu nilai tegangan rusaknya tidak mengalami kenaikan yang terlalu besar. Cara menghitung rata-rata tes dari tanggal pertama sampai ke-6 adalah sebagai berikut:

$$V_b (\text{rata-rata}) = \frac{74,9+80+80,2+80,0+79,4+80,1}{6}$$

$$= 79,1 \text{ kV}/2,5\text{mm}$$

B. *Analisis Tegangan Tembus Minyak OLTC*

Berdasarkan Tabel 3, perubahan tersebut mempengaruhi tegangan tembus minyak trafo pada 6 kali pengujian yaitu nilai tegangan rusaknya mengalami penurunan yang sangat besar. Cara menghitung rata-rata pengujian dari tanggal pertama sampai ke-6 adalah sebagai berikut: Perhitungan nilai rata-rata tegangan tembus oli OLTC adalah :

$$V_b (\text{rata-rata}) = \frac{67,6+64,6+58,4+51,0+50,1+57,9}{6} = 58,3 \text{ kV}/2,5\text{mm}$$

C. *Analisis Ketahanan Dielektrik Minyak Trafo Bagian Bawah Pada Suhu 30°C*

Hasil perhitungan rata-rata minyak trafo bawah dapat dilihat. Perhitungan kekuatan dielektrik minyak trafo bawah menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Minyak bawah } E_{\text{rata-rata}} &= \frac{79,1 \text{ kV}}{2,5\text{mm}} \\ &= 31,64 \text{ (kV/mm)} \end{aligned}$$

D. *Analisis Ketahanan Dielektrik Minyak Trafo OLTC Pada Suhu 30°C*



Hasil perhitungan rata-rata minyak trafo OLTC menunjukkan bahwa hambatan dielektrik minyak trafo berbanding terbalik dengan nilai tegangan tembusnya, dan misalnya jika terjadi kenaikan nilai tegangan tembus maka hambatan dielektriknya juga akan meningkat. Perhitungan kekuatan dielektrik minyak trafo bawah menggunakan rumus sebagai berikut: Minyak OLTC *Erata-rata* = 58,3 kV

2,5mm

= 23,32 (kV/mm) Bagian minyak yang diuji tegangan tembusnya, minyak bawah, dan minyak OLTC. Standar yang digunakan sebagai acuan adalah standar IEC 156. Ada tiga parameter standar:

- a. Untuk tegangan <70kV, tegangan tembus yang diijinkan >30kV/2.5mm
- b. Untuk tegangan 70 – 170kV, tegangan tembus yang diijinkan >40kV/2.5mm
- c. Untuk tegangan >170kV, tegangan tembus yang diijinkan >50kV/2.5mm

Hasil pada bottom oil dari pengujian pertama sampai pengujian keenam dengan tegangan 30kV/2,5mm hasil rata-rata dengan nilai 79,1 kV/2,5mm dan tahanan dielektrik pada suhu 30°C sebesar 31,64 kV/mm masih baik. dengan standar IEC 156.

Hasil minyak OLTC (On Load Tap Changer) dengan tegangan yang sama menghasilkan nilai rata-rata 58.3kV/2.5mm dan hambatan dielektrik pada suhu 30°C adalah 23.32kV/mm, kondisi kurang baik dan perlu minyak diganti sesuai dengan standar IEC. 156. Oli yang tidak cocok akan berwarna coklat dan oli yang masih baru berwarna kuning bening.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian uji kualitas minyak transformator, menggunakan Standar IEC 156 dan dilengkapi dengan alat penguji tegangan tembus Megger OTS 100AF dapat disimpulkan bahwa: Hasil uji tegangan tembus minyak menggunakan alat Megger OTS 100AF pada minyak bagian bawah masih bagus sedangkan minyak OLTC harus diganti. Sehingga seharusnya cepat dilakukan pergantian minyak OLTC agar tidak terjadinya kerusakan yang fatal. Dan untuk minyak bagian bawah tidak perlu karena minyak bagian bawah masih terbilang sangat bagus dan masih dapat digunakan dan tak perlu untuk diganti.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kodoati Alvian Krestovel, 2015. *Analisa Perkiraan Umur Transformator. (Jurnal) Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado*
- [2] Mubarak Saad, Jusriadi 2018. *Analisis Pemeliharaan Transformator Distribusi di PT. PLN (PERSERO) Rayon Makassar. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Makassar.*
- [3] Subaga I.G. Surya, Manuaba I.B.G., Sukeraya I.W. 2019. *Analisis Prediktif Pemeliharaan Minyak Transformator Menggunakan Metode Markov. (Jurnal). Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Bali*
- [4] Ramdhan Dwi Hendra 2017. *Analisis Pemeliharaan Prediktif Transformator Daya di PT. PLN GI Blimbing Malang dengan Metode Markov. Skripsi. Universitas Brawijaya.*
- [5] K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir, 2020. *Analisis Transformator Pada PT. PLN (PERSERO) di GI Gardu Induk Panakkukang. (Skripsi). Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Makassar*
- [6] Widodo Hari Rendy 2015. *Pengaruh Filterisasi Minyak Trafo Terhadap Kinerja Transformator Daya 30 MVA di Gardu Induk Sengkaling. (Jurnal). Teknik Elektro, Universitas Brawijaya, Malang*
- [7] Sabari 2012. *Pemeliharaan Transformator 60 MVA di Gardu Induk 150 kV Kebasen. (jurnal). Politeknik Harapan Bersama, Mataram.*
- [8] As, N. R., & Deki, P. (2021). Pengujian Tegangan Tembus Pada Minyak Trafo. *Sinusoida*, 23(2), 20-32.
- [9] Darmana, T., Hidayat, S., & Khoir, M. (2023). Analisis Pemerataan Beban Pada Transformator Dari Sisi Sekunder Terhadap Penyaluran Tenaga Listrik Di Pt. Pln (Persero) Up3 Cengkareng. *Jurnal Ilmiah Teknik*, 2(2), 73-80.
- [10] Mudjiono, U., & Hidayat, E. P. (2013). Pengujian Tegangan Tembus Isolasi Minyak Transformator Fasilitas Gedung Rektorat Universitas Airlangga Surabaya. *Jurnal Teknik Mesin*, 20(2).
- [11] Nugraha, M. T., & Fauziah, D. (2021). Penanggulangan Overload Transformator Distribusi Dengan Metode Uprating Di Gardu Pnbs 20 Kv Ulp Pangandaran. In *Seminar Nasional Energi, Telekomunikasi Dan Otomasi (Sneto)* (Pp.293-304).
- [12] Wahideseya, R. (2019). *Evaluasi performansi produktivitas trafo 100kva pada P  
roductionline menggunakan metode objektif matri x (Omax) Dipt. Trafo indoprimaperkasa (Doctoral Dissertation, Http://Unugha. Ac. Id).*
- [13] Widiyantoro, B., Christiono, C., & Junaidi, A. (2020). Analisis Kemampuan Minyak Isolasi Transformator Daya Merek Unindo Dengan Pengujian Dissolved Gas Analysis Dan Breakdown Voltage Di Gardu Induk Serpong (Doctoral Dissertation, Institut Teknologi



Pln).

