

**Pengujian Minyak Transformator Dengan Uji Tegangan Tembus Pada  
Main Transformator GT 1.2 PT PLN Indonesia Power Cilegon PGU**

*Transformer Oil Testing With Breakdown Voltage Test On Main  
Transformer GT 1.2 PT PLN Indonesia Cilegon PGU*

**Nurmiati Pasra(\*)<sup>1</sup>, Dindaryana Firmansyah<sup>2</sup>, Kartika Tresya Mauriraya<sup>3</sup>, Alex Fernandes<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Prodi Teknologi Listrik, Fakultas Ketenaga Listrikan dan Energi Terbarukan.

<sup>4</sup>Prodi Teknik Elektro, Fakultas Ketenaga Listrikan dan Energi Terbarukan.

Jln. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Jakarta Barat

Institut Teknologi PLN

nurmiati@itpln.ac.id, dindaryanafs05@gmail.com, kartika@itpln.ac.id, alex.fernandes@itpln.ac.id

**Abstrak** – Permasalahan gangguan pada pendistribusian tenaga listrik, sering terjadi gangguan khususnya pada transformator. Transformator beroperasi terus menerus, sehingga sering terjadi kegagalan isolasi pada minyak transformator, yang disebabkan penurunan nilai tegangan tembus. Kegagalan isolasi dapat menyebabkan penurunan kekuatan dielektrik, tegangan lebih atau penuaan isolasi. Pengujian dilakukan sebelum pelaksanaan pemeliharaan, pengujian dengan menggunakan alat uji Oil Tester untuk menguji tegangan tembus. Berdasarkan standar IEC 60296 dan IEC 60411, nilai tegangan tembus > 40 kV / 2,5 mm. Makin besar nilai tegangan tembus maka minyak transformator makin bagus dan makin layak digunakan. Pengujian nilai tegangan tembus, didapatkan nilai rata-rata tegangan tembus pada posisi pengujian transformator pada main tank top sebesar 80,2 kV/2,5 mm, main tank bottom sebesar 80,2 kV/2,5 mm dan tap changer sebesar 80,1 kV/2,5 mm. Pada saat nilai tegangan tembus < 40 kV / 2,5 mm, diperlukan pemeliharaan menyeluruh baik pada pengecekan atau perawatan. Pada saat tegangan tembus dibawa standar, dapat menyebabkan isolator tidak sanggup menghadapi tekanan diantara elektroda sehingga isolator berubah menjadi konduktor.

**Kata kunci:** Transformator, minyak transformator, tegangan tembus

**Abstract** – The problem of interference in the distribution of electric power, there are often disturbances, especially in transformers. The transformer operates continuously, so there is often an insulation failure in the transformer oil, which is caused by a decrease in the value of the breakdown voltage. Failure of insulation can lead to decreased dielectric strength, overvoltage or aging of insulation. Testing is carried out before maintenance, testing using Oil Tester test equipment to test the breakdown stress. Based on IEC 60296 and IEC 60411 standards, the breakdown voltage value > 40 kV/2,5 mm. The greater the value of the penetrating voltage, the better the transformer oil and the more feasible it is to use. Testing the penetrating value, the average value of the penetrating voltage at the transformer test position on the main tank top was 80,2 kV/2,5 mm, the main tank bottom was 80,2 kV/2,5 mm and the tap changer was 80,1 kV/2,5 mm. When the breakdown voltage value < 40 kV / 2,5 mm, thorough maintenance is required either on checking or maintenance. When the breakdown voltage is brought to standard, it can cause the insulator to be unable to face the pressure between the electrodes so that the insulator turns into a conductor.

**Keywords:** Transformer, transformer oil, breakdown voltage

## **1. Pendahuluan**

Umur sebuah transformator menandakan kualitas sebuah transformator dapat bekerja dengan tingkat efisiensi yang baik, umur transformator merupakan kemampuan kinerja transformator dalam beroperasi. Dalam mengatasi sisa umur pada transformator, harus memperhatikan hal-hal



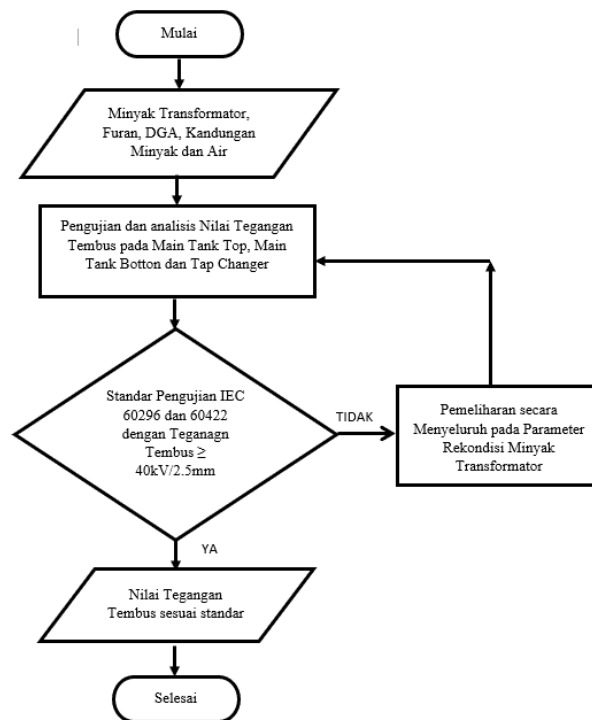
apa saja yang mempengaruhi sisa umur transformator berkurang. Analisa pengaruh pembebanan terhadap pengurangan umur pada transformator, dipengaruhi pada besar laju penuaan thermal terhadap temperatur panas [2-4, 8].

Pada pendistribusi tenaga listrik, sering terjadi gangguan, salah satunya pada transformator dimana transformator ini beroperasi secara terus menerus dengan beban yang semakin meningkat. Kegagalan pada transformator sering terjadi pada kegagalan isolasi minyak transformator, yang diakibatkannya oleh penurunan tegangan tembus. Pada isolasi minyak transformator harus mempunyai kemampuan / kapasitas dalam menghadapi tegangan tembus pada pendinginan minyak transformator dan meredam panas yang dihasilkan. Dapat dikatakan minyak transformator sanggup melakukan perlindungan terhadap transformator dari kerusakan-kerusakan. Minyak transformator adalah isolasi cair yang digunakan sebagai isolasi pendingin pada transformator, harus meningkatkan nilai tegangan tembus agar semakin baik pada kualitas isolasinya. Besaran kandungan air yang terlalu tinggi dapat menurunkan tegangan tembus dan mengganggu isolasi kertas transformator. Hal yang bisa ditimbulkan, dapat mempengaruhi perubahan warna minyak pada transformator tersebut. Dengan melakukan pemeliharaan yang baik dan terjadwal, dapat mengatasi masalah umur transformator. Pelaksanaan pemeliharaan pada minyak transformator, agar dapat mengetahui kelayakan minyak pada transformator [1].

**2. Metode Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di PT PLN Indonesia Power Cilegon PGU pada transformator GT. 1.2. Pada penelitian ini, metode pengumpulan data dengan melakukan pengujian tegangan tembus dengan menggunakan alat *Oil Tester*, dengan posisi pengamatan pada transformator di bagian *main tank top*, *main tank bottom* dan *tap changer*. Hasil pengujian berdasarkan standar IEC 60296 dan IEC 60422 dengan nilai tegangan tembus > 40 kV/2,5 mm [11].

**2.1. Metode Pengujian Tegangan Tembus**



Gambar 1. Alur Pengujian Tegangan Tembus

Urutan alur penelitian pengujian tegangan tembus dapat dilihat pada Gambar 1, peralatan yang digunakan pengujian yakni *oil tester* dapat dilihat pada Gambar 2 dan standar yang digunakan pada Tabel 1.



Gambar 2. Alat *Oil Tester* [11]

Tabel 1. Data Standar Minyak Transformator  
Batasan Nilai Tegangan Tembus berdasarkan standar IEC 60296 dan IEC 60422 [11]

<b>Minyak Baru Setelah Dimasukkan Dalam Transformator Baru</b>		
< 72.5 kV	72 - 170 kV	>170 kV
Min. 55 kV	Min. 60 kV	Min. 60 kV

<b>Minyak Bekas</b>			
	< 72.5 kV	72.5 - 170 kV	> 170 kV
Good	> 40 kV	> 50 kV	> 60 kV
Fair	30 - 40 kV	40 - 50 kV	50 - 60 kV
Poor	< 30 kV	< 40 kV	< 50 kV

**2.2. Metode Analisa Data**

**2.2.1. Perhitungan Tegangan Tembus**

Melakukan perhitungan tegangan tembus berdasarkan pengujian minyak transformator untuk melihat kondisi minyak transformator dalam keadaan baik dan dapat beroperasi, sebagai berikut:

$$v_b \text{ rata-rata} = \frac{U_i}{N} \tag{1}$$

Keterangan :

$v_b$  = Nilai Tegangan Tembus rata-rata (kV/2,5 mm)

$U_i$  = Nilai Tegangan Tembus (kV)

$N$  = Banyaknya Pengujian

**2.2.2. Perhitungan Kekuatan Dielektrik**

Melakukan perhitungan kekuatan dielektrik, untuk mengetahui kemampuan suatu material untuk bisa menahan tegangan tinggi tanpa berakibat terjadinya kegagalan dielektrik.

$$E = \frac{v_s}{d} \tag{2}$$

Keterangan :

- $E$  = Kekuatan Dielektrik (kV/mm)
- $v_s$  = Tegangan tembusantara dua buah elektroda (kV)
- $d$  = Jarak antara Elektroda (mm)

**3. Hasil dan Pembahasan**

**3.1. Hasil Pengujian Pada Minyak Transformator**

Data hasil penelitian Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengujian langsung pada minyak transformator pada PT. PLN (Persero) Indonesia Power Cilegon PGU.

Tabel 2. Pengujian Tegangan Tembus pada Minyak Transformator

<i>Test</i>	<i>Main Tank TOP Oil (kV/2,5mm)</i>	<i>Main Tank BOTTOM Oil (kV/2,5mm)</i>	<i>Tap Changer Oil (kV/2,5mm)</i>
1	80,2	80,1	80,1
2	80,1	80,2	80,2
3	80,1	80,2	80,2
4	80,2	80,1	80,2
5	80,2	80,3	80,1
6	80,2	80,1	80,1

Pengujian suhu pada posisi pengujian pada *Main tank top*, *Main tank bottom* dan *Tap changer*, setelah dilakuakn pengujian selama 6 (enam) kali mendapatkan hasil yang sama, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 3. Pengujian Suhu

<b>Pengujian</b>	<b>Suhu (°C)</b>		
	<i>Bottom</i>	<i>Top</i>	<i>Changer</i>
1 sd 6	33	33	45

**3.2. Perhitungan Tegangan Tembus Pada Minyak Transformator**

Berdasarkan data pada Tabel 2 dan Persamaan 1 maka dapat dilakukan perhitungan nilai tegangan tembus rata-rata pada posisi pengukuran di *Main tank top*, *Main tank bottom* dan *Tap changer* pada transformator, sedangkan dan Persamaan 2 digunakan untuk mengukur kekuatan dielektrik minyak transformator

Perhitungan pada posisi *Main tank top*. yakni

a. Nilai tegangan tembus rata-rata (Persamaan 1), yakni :

$$v_b \text{ rata-rata} = \frac{U_i}{N}$$

$$v_b \text{ rata-rata} = \frac{U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 + U_6}{6}$$

$$v_b \text{ rata-rata} = \frac{80,2 + 80,1 + 80,1 + 80,2 + 80,2 + 80,2}{6}$$

$$v_b \text{ rata-rata} = \frac{481}{6} = 80,167 = 80,2 \text{ kV} / 2,5 \text{ mm}$$

b. Nilai kekuatan Dielektrik (Persamaan 2), yakni :

$$E = \frac{v_s}{d}$$

$$E = \frac{80,2 \text{ kV}}{2,5 \text{ mm}}$$

$$E = 32,08 \text{ kV}$$

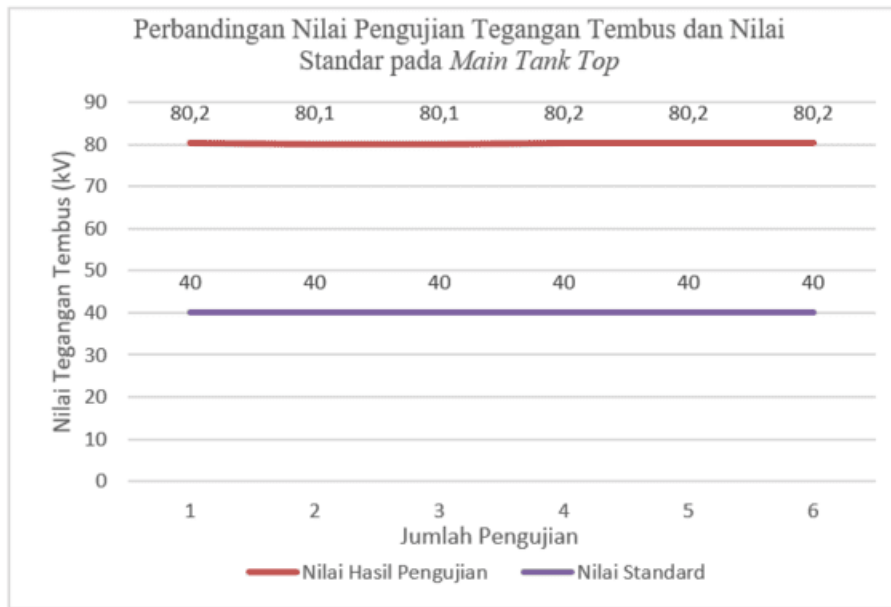
Tabel 4. Nilai Tegangan Tembus rata-rata dan Nilai Kekuatan Dielektrik

Posisi Pengujian pada Transformator	Tegangan Tembus Rata-Rata (kV/mm)	Kekuatan Dielektrik (kV/mm)
<i>Main Tank TOP</i>	80,2	32,08
<i>Main Tank Bottom</i>	80,2	32,08
<i>Tap Changer</i>	80,15	32,04
Rata-rata	80,167	32,065

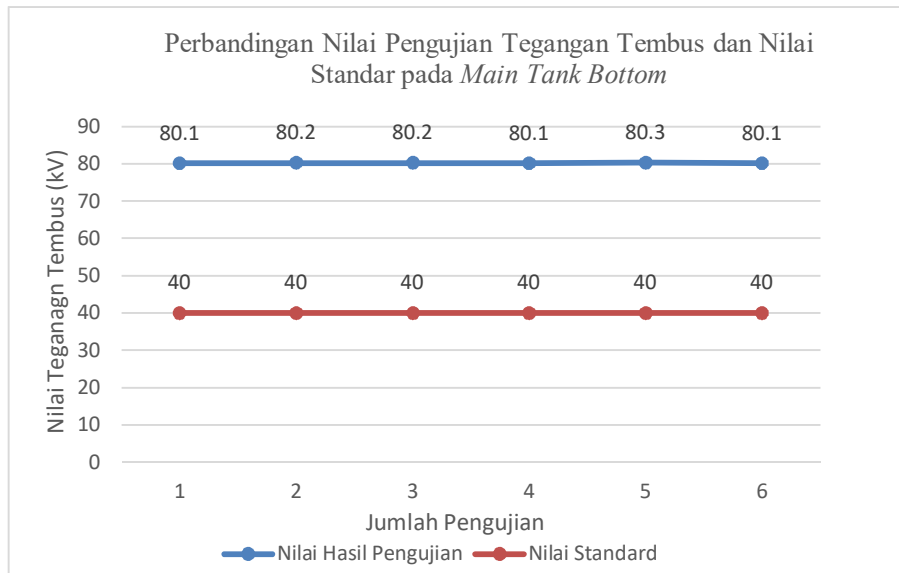
### 3.3. Analisis Pembahasan Pengujian Tegangan Tembus

Berdasarkan hasil pemeliharaan dengan melakukan pengujian tegangan tembus minyak transformator, posisi pengujian *main tank top*, *main tank bottom* dan *tap changer* pada transformator dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 4. Dimana dilakukan pengujian sebanyak 6 (enam) kali, nilai rata-rata tegangan tembus pengujian *main tank top* 80,167 kV/2,5 mm, *main tank bottom* 80,167 kV/2,5 mm dan *tap changer* 80,150 kV/2,5 mm. Hal ini menunjukkan bahwa nilai hasil pengujian memenuhi standar IEC 60296 dan IEC 60422 dengan nilai tegangan tembus > 40 kV/2,5 mm. Menunjukkan minyak transformator dalam keadaan baik dan transformator dapat beroperasi dengan normal dan baik.

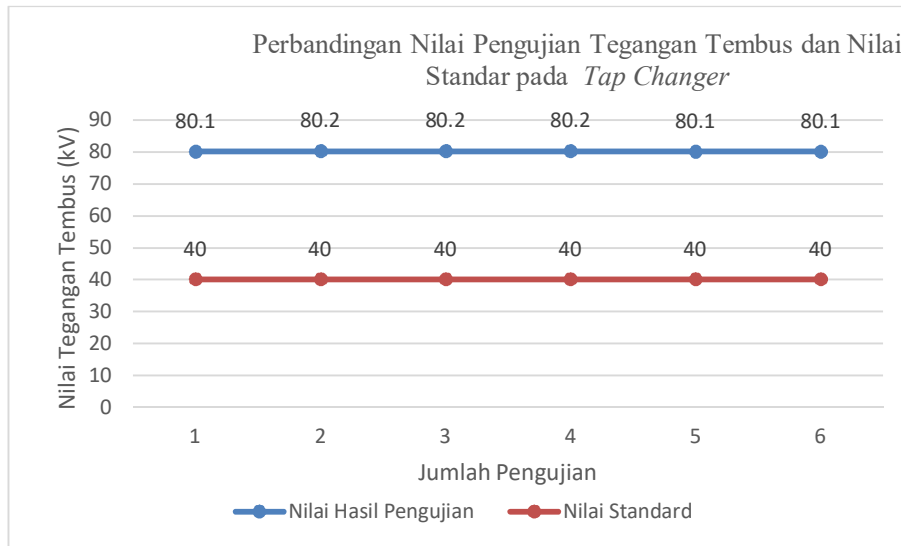
Hasil pengujian berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat pada Gambar 3 pada posisi *Main tank top*, Gambar 4 pada *Main tank bottom* dan Gambar 5 pada *Tap changer*.



Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Transformator pada Posisi Main Tank Top Transformator

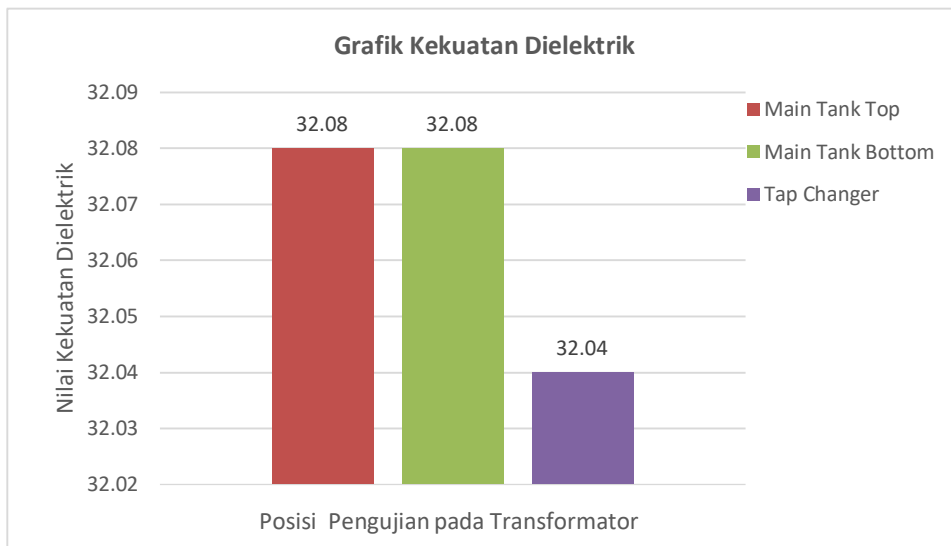


Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Transformator pada Posisi Main Tank Bottom Transformator



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Transformator pada Posisi Tap Changer Transformator

Hasil perhitungan rata-rata tegangan tembus dan kekuatan dielektrik pada Tabel 4 dan pengukuran nilai suhu pada Tabel 3 serta perbandingan nilai kekuatan dielektro terhadap posisi pengujian pada Gambar 6, pada saat nilai tegangan tembus turun, akan berpengaruh turunnya suhu sekitar. Hal ini menyebabkan nilai kekuatan dielektrik juga turun, keadaan ini bisa mengakibatkan kemampuan untuk menahan tegangan tinggi turun yang berdampak bisa terjadi kegagalan dielektrik.



Gambar 6. Nilai Kekuatan Dielektrik terhadap posisi Pengujian pada Transformator

#### 4. Kesimpulan

Pengujian tegangan tembus pada minyak transformator berdasarkan standar IEC 60296 dan ICE 60422 harus > 40 kV/2,5 mm. Pengujian pada posisi *Main tank top*, *Main*

*tank bottom* dan *Tap changer* pada transformator didapatkan nilai rata-rata tegangan tembus pada *Main tank top* sebesar 80,2 kV/2,5 mm, *Main tank bottom* sebesar 80,2 kV/2,5 mm dan *Tap changer* sebesar 80,1 kV/2,5 mm. Nilai tegangan tembus memenuhi standar IEC, kondisi minyak transformator masih dalam keadaan baik.

### **Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada PT (Persero) Indonesia Power Cilegon PGU dan Institut Teknologi PLN, yang telah memberi dukungan yang membantu pelaksanaan penelitian dan penulisan artikel ini dengan baik.

### **Referensi**

- [1] Rosyidi, N, dkk, (2021), Pengujian Tegangan Tembus Pada Minyak Transformator, *Jurnal Sinusoida*, Vol. XXIII, No. 2, Desember 2021, Hal 20 sd 32, e-ISSN 2722 - 0222.
- [2] Nugroho, .kk, (2019), Perhitungan Perkiraan Umur Transformator Akibat Pengaruh Pembebanan dan Suhu Lingkungan, *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, Vol. 1, No.1, Juni 2019, Hal. 11~16, P-ISSN: 2685 - 4341 E-ISSN: 2685 – 5313
- [3] Maruf, dkk, (2021), Analisis Pengaruh Pembebanan dan Temperatur Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga 60 MVA Unit 1 dan 2 di GI 150 kV Kalisari, *Edu Elektriika Journal*, Vol. 10, No. 1, ,Januari – Juli 2021, ,E-ISSN 2723-5602
- [4] Dendi, dkk, (2021), Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Daya 150 Kv Di PLTGU Keramasan Palembang, *Jurnal Teknik*, Vol. 9, No. 1, hal 28 – 42, E-ISSN : 2686-5416
- [5] Muttaqim, dkk, (2015), Analisis Pengaruh Pembebanan Dan Usia Pakai Terhadap Karakteristik dan Estimasi Litefime Minyak Isolasi Transformator,’, *Jurnal Transient*, Vol.4, No. 4, Desember 2015, hal 1064-1071, ISSN: 2302-9927
- [6] Sodilesmana, dkk, (2021), Analisis Pembebanan dan Ketidakseimbangan Beban pada Penentuan Susut Umur Transformator Distribusi, *Journal of Electronic and Electrical Power Application*
- [7] Gultom. dkk, (2022), Analisa Perkiraan Umur Transformator di Gardu Induk Paniki Berdasarkan Pengaruh Pembebanan, jurusan Teknik Elektron, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulagi
- [8] Azhar, dkk, 2019, Estimasi Umur Transformator Berdasarkan Pertumbuhan Beban dan Temperatur Lingkungan di Penyulang Bolo PLN Rayon Woha Kabupaten Bima, *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri 2019*, hal 43 – 49, ISSN 2085-4218
- [9] Roza., dkk, (2019), Analisa Pengaruh Kenaikan Temperature dan Umur Minyak Transformator Terhadap Degredasi Tegangan Tembus Minyak Transformastor, *Jurnal JESCE*, Agustus 2019, Vol. 3, No 1, aal 1 – 12, E-ISSN 2549-6298 ISSN 2549-628X
- [10] ..... 2022, *Buku Hasil Pemeliharaan pada PT PLN (Persero)* oleh Vendor HAR PT Sandika Kurnia Pratama