

# Uji Kelayakan Minyak Jarak Sebagai Bahan Isolasi Cair Pada Transformator

Muhammad Alim<sup>1</sup>, Anggun Gunawan<sup>2</sup>, Lanto M. Kamali Amali<sup>3</sup>, Ade Irawaty Tolago<sup>4</sup>  
<sup>1234</sup>Prodi S1 Teknik Elektro  
Universitas Negeri Gorontalo  
Gorontalo, Indonesia  
alymmuhhammad19@gmail.com

## Abstrak

Transformator daya yang ada pada gardu induk memiliki minyak trafo. Minyak trafo ini berfungsi sebagai pemisah listrik pada kumparan primer dan sekunder agar tidak terjadi tegangan tembus. Minyak trafo tersebut berasal dari hasil tambang bumi yang tidak dapat diperbaharui. Salah satu upaya yang dapat kita lakukan untuk meminimalkan penggunaan minyak fosil adalah penggunaan minyak nabati. Minyak nabati dapat dijadikan isolasi cair alternatif pada transformator daya. Namun minyak nabati memiliki sifat kimia yang kurang stabil dan memiliki viskositas tinggi. Tujuan penelitian untuk mengetahui kelayakan minyak jarak agar dapat digunakan sebagai alternatif isolasi cair dengan menggunakan minyak trafo merek *Shell Diala B* sebagai pembanding. Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini adalah melakukan pengamatan langsung terhadap objek yang di teliti untuk mengamati keadaan yang sebenarnya di lapangan. Hasil yang telah di peroleh setelah melakukan pengujian pada sampel minyak jarak yaitu nilai kadar air sebesar 2,38 mg/kg, Massa jenis sebesar 0,911 gr/cm<sup>3</sup>, nilai viskositas sebesar 48,70 cSt dan nilai tegangan tembus sebesar 34,47 kV.

**Kata Kunci**—Minyak Isolasi, Minyak Jarak, Kadar Air, Massa Jenis, Viskositas, Tegangan Tembus.

## Abstract

*The power transformer in the substation has transformer oil. This transformer oil functions as an electrical separator in the primary and secondary coils so that there is no breakdown voltage. The transformer oil comes from non-renewable mining products. One of the efforts that we can do to minimize the use of fossil oil is the use of vegetable oils. Vegetable oil can be used as an alternative liquid insulation in power transformers. However, vegetable oil has less stable chemical properties and has a high viscosity. The purpose of the study was to determine the feasibility of castor oil to be used as an alternative to liquid insulation using Shell Diala B transformer oil as a comparison. The method used in this study is to make direct observations of the object under scrutiny to observe the actual situation in the field. The results that have been obtained after testing the castor oil sample are the water content value of 2.38 mg/kg, the density of 0.911 gr/cm<sup>3</sup>, the viscosity value of 48.70 cSt and the breakdown voltage value of 34.47 kV.*

**Keywords**—Insulation Oil, Castor Oil, Moisture Content, Density, Viscosity, Breakdown Voltage.

## I. PENDAHULUAN

Minyak transformator merupakan salah satu bahan isolasi cair yang dipergunakan sebagai isolasi dan pendingin pada transformator[1]. Sebagian bahan isolasi minyak harus memiliki kemampuan untuk menahan tegangan tembus, sedangkan sebagai pendingin minyak transformator harus mampu meredam panas yang ditimbulkan, sehingga dengan kedua kemampuan ini maka minyak diharapkan akan mampu melindungi transformator dari gangguan[2]. Pada umumnya didalam transformator daya yang di gunakan pada gardu induk terdapat minyak trafo yang berfungsi untuk memisahkan secara listrik kumparan primer dengan kumparan sekunder agar tidak terjadi tegangan tembus[3]. Minyak trafo yang digunakan yaitu berbahan baku minyak dari hasil tambang bumi, akan tetapi dapat kita ketahui bahwa minyak bumi tidak dapat di perbaharui[4].

Berdasarkan data yang diperoleh dari kementerian ESDM RI, bahwa cadangan minyak bumi di indonesia akan tersedia hingga 9,5 tahun mendatang, sementara umur cadangan gas bumi di indonesia mencapai 19,9 tahun. Saat ini, cadangan minyak bumi nasional sebesar 4,17 miliar barel dengan cadangan terbukti sebanyak 2,44 miliar barel. Sementara data cadangan yang belum terbukti sebesar 2,44 miliar barel (Arifin Tasrif,2021). Salah satu upaya yang sudah dilakukan oleh pemerintah dalam menjaga umur cadangan migas adalah dengan meningkatkan kegiatan eksplorasi. Di tahun 2020 lalu, Kementerian ESDM berhasil melakukan survei seismik 2D sepanjang 28.349,83 km (termasuk seismik 2D Open Area KKP Jambi Merang sepanjang 25.150 km), survei seismik 3D sepanjang 1.250,97 km, pemboran eksplorasi 22 sumur hingga 8 persetujuan pengalihan Partisipasi Interes (PI) pada masa eksplorasi[16].

Berbagai upaya yang telah dilakukan untuk mengurangi penggunaan minyak bumi, dimana ketersediaan terbatas, tidak terbarukan juga memiliki kelemahan diantaranya tidak terdegradasi sehingga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalisir penggunaan minyak bumi agar persediaan minyak bumi tidak berkurang yaitu dengan menggunakan minyak nabati sebagai alternatif pengganti isolasi cair[5].

Minyak nabati secara kimiawi kurang stabil dan memiliki viskositas yang tinggi. Oleh karena itu, minyak nabati dapat digunakan untuk menggantikan minyak bumi sebagai isolasi dan pendingin pada minyak trafo[6][11]. Salah satu pemanfaatan minyak nabati yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti minyak trafo yaitu minyak jarak[11]. Minyak jarak dijadikan bahan dielektrik karena memiliki karakteristik resistansi yang cukup tinggi, konstanta dielektrik yang tinggi, titik lebur  $-10^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $-18^{\circ}\text{C}$ . Sifat minyak jarak adalah titik terlarut[17].

Penelitian yang dilakukan oleh Purwiyanto dan Galih Mustiko Aji dari Jurusan Teknik Elektronika Politeknik Negeri Cilacap tahun 2017 dengan judul Pengujian Tembus Dielektrik Minyak Jarak Sebagai Alternatif Pengganti Isolasi Pada Minyak Trafo, penelitian ini bertujuan melakukan pengujian tegangan tembus terhadap kekuatan media isolasi cair pada minyak jarak dan membandingkan dengan minyak trafo gulf. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan tembus dielektrik minyak jarak mempunyai nilai yang tinggi, sehingga memungkinkan untuk dikembangkan menjadi minyak isolasi trafo.

## II. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini sesuai dengan standar IEC 156 dalam pengujian minyak jarak[9]. Prosedur penelitian ini dilakukan dengan tahapan pengujian tegangan tembus, pengukuran viskositas, pengukuran massa jenis, dan pengukuran kadar air, kemudian dibandingkan dengan minyak transformator merek *Shell Diala-B*[14][15].

### A. Pengukuran kadar air

Pengukuran kadar air dilakukan dengan memanaskan minyak dalam oven pada suhu  $130^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit, kemudian wadah didinginkan dalam desikator lalu di timbang dan catat data yang dihasilkan[6]. Nilai kadar air dapat dihasilkan melalui persamaan (1)

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{W1 - W2}{W1 - W} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana,

- W = Berat wadah kosong (gr)
- W1 = berat wadah dengan minyak (gr)
- W2 = berat minyak setelah dikeringkan (gr)

### B. Pengukuran Massa Jenis

Pada penelitian ini dimulai dengan piknometer kosong di timbang bobotnya. Selanjutnya minyak dimasukan kedalam piknometer sampai pipa kapiler terisi penuh dan tidak adanya gelembung. Piknometer yang terisi minyak di timbang bobotnya[6]. Masa jenis dihitung dengan persamaan (2) :

$$\rho = \frac{m2 - m1}{v} \quad (2)$$

Dimana,

- $\rho$  = masa jenis minyak transformator (gram/cm<sup>3</sup>)
- m1 = berat piknometer kosong (gram)
- m2 = berat piknometer yang di isi minyak (gram)
- v = volume minyak di piknometer (m<sup>3</sup> atau cm<sup>3</sup>)

### C. Pengukuran Viskositas

Pengukuran viskositas dilakukan dengan memilih jenis spindel sesuai dengan kekentalan sampel yang akan di ukur. Spindel di pasang dengan perputaran arah ke kiri. kemudian naikan penyangga sampai atas dan letakan sampel dibawah penyangga spindel, turunkan penyangga spindel sampai spindel masuk kedalam sampel. Pastikan garis merah sebagai garis penunjuk viskositas berada tepat pada 0. Tekan on agar spindel berputar. Selanjutnya buka kunci agar garis penunjuk menunjukkan viskositas sampel, tunggu sampai garis penunjuk berada pada posisi yang konstan. Setelah viskositas terbaca konstan, kunci lalu tekan off. Catat viskositas yang terbaca.

Nilai viskositas dapat di dilakukan perhitungan melalui persamaan (3) sebagai berikut.

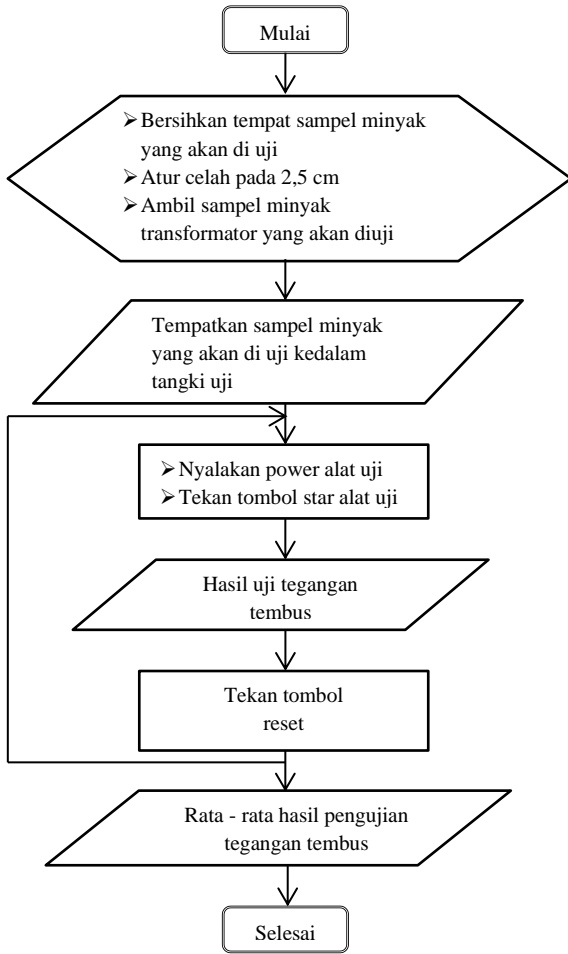
$$V = \frac{\mu}{\rho} \quad (3)$$

Dimana:

- V = Viskositas kinematic (cSt)
- $\mu$  = viskositas dinamis (poise)
- $\rho$  = masa jenis isolasi cair (g/cm<sup>3</sup>)

### D. Pengukuran Tegangan Tembus

Pengukuran tegangan tembus dilakukan pada setengah bola elektroda dengan jarak 2,5 mm[12]. Pada pengukuran ini di mulai dengan mengatur jarak sela elektroda dalam kotak uji. Kemudian minyak dimasukan kedalam kotak uji dan kotak uji dipasang pada rangkaian pengujian. Untuk mendapatkan nilai tegangan tembus pada sampel minyak, maka di mulai dengan menaikkan tegangan uji secara bertahap pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$  hingga mencapai tegangan tembus. Pada saat terjadi tegangan tembus pada sampel uji akan timbul suara ledakan, hal ini disebabkan karena terjadi tumbukan dan tekanan impulsif pada minyak isolasi[3][13].



Gambar 1. Diagram alir pengujian tegangan tembus minyak

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan pada minyak jarak dapat dilihat berdasarkan hasil yang sesuai dengan standar SPLN 49-91 : 1982 yang termaksud pada pengukuran tegangan tembus, pengukuran viskositas, pengukuran massa jenis, dan pengukuran kadar air, kemudian dibandingkan dengan minyak transformator merek *Shell Diala-B*[10].

#### A. Pengukuran kadar air

Hasil pengukuran kadar air minyak jarak diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1.  
 Hasil pengujian kadar air pada minyak jarak

Parameter uji	Nilai	Standar IEC 60296 : 2003
Kadar air (mg/kg)	2,38 mg/kg	≤30 mg/kg

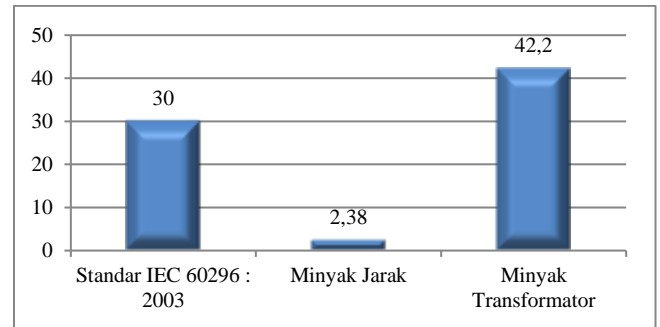
Spesifikasi kadar air minyak isolasi cair sebesar ≤ 30 mg/kg. Hasil nilai pengukurran kadar air pada minyak jarak sebesar 2,38 mg/kg.

Sebagai perbandingan kadar air minyak jarak, dilakukan pengukuran kadar air terhadap minyak trafo

merek *Shell Diala-B*. Hasil pengukuran kadar air minyak transformator diperlihatkan pada tabel 2.

Tabel 2.  
 Hasil pengujian kadar air minyak transformator

Parameter uji	Nilai	Standar IEC 60296 : 2003
Kandungan air (mg/kg)	42,2 mg/kg	≤30 mg/kg



Gambar 2. Grafik perbandingan kadar air

Nilai kadar air minyak jarak lebih rendah dibandingkan dengan minyak trafo, dalam hal ini nilai kadar air minyak jarak memenuhi syarat sebagai alternatif isolasi cair pada transformator.

#### B. Pengukuran massa jenis

Hasil pengukuran massa jenis minyak jarak diperlihatkan pada tabel 3.

Tabel 3.  
 Hasil pengukuran massa jenis pada minyak jarak

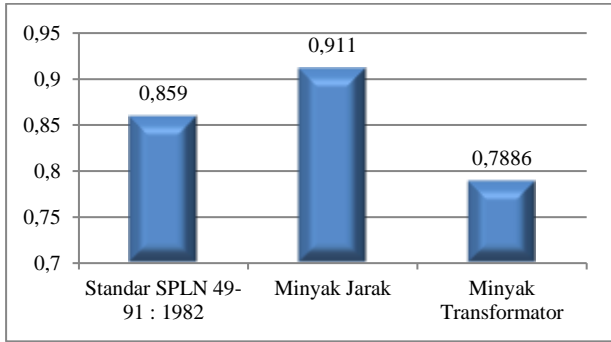
Parameter uji	Nilai	Standar SPLN 49-91 : 1982
Massa jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	0,911 gr/cm <sup>3</sup>	≤ 0,859 gr/cm <sup>3</sup>

Spesifikasi massa jenis minyak isolasi cair sebesar ≤ 0,859 gr/cm<sup>3</sup>. Hasil pengukuran massa jenis minyak jarak sebesar 0,911 gr/cm<sup>3</sup>.

Sebagai perbandingan massa jenis minyak jarak, dilakukan pengukuran massa jenis terhadap minyak trafo merek *Shell Diala-B*. Hasil pengukuran massa jenis minyak transformator diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 4.  
 Hasil pengukuran massa jenis minyak transformator

Parameter uji	Nilai	Standar SPLN 49-91 : 1982
Massa jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	0,7886 gr/cm <sup>3</sup>	≤ 0,859 gr/cm <sup>3</sup>



Gambar 3. Grafik perbandingan massa jenis

Nilai massa jenis minyak jarak lebih tinggi dibandingkan dengan minyak trafo, dalam hal ini massa jenis minyak jarak melebihi dari nilai standar massa jenis yang telah ditetapkan oleh SPLN 49-91 : 1982 sehingga tidak memenuhi syarat sebagai alternatif isolasi cair pada transformator.

### C. Pengukuran viskositas

Pengukuran viskositas minyak jarak diperlihatkan pada tabel 5.

Tabel 5.  
 Hasil pengujian viskositas pada minyak jarak

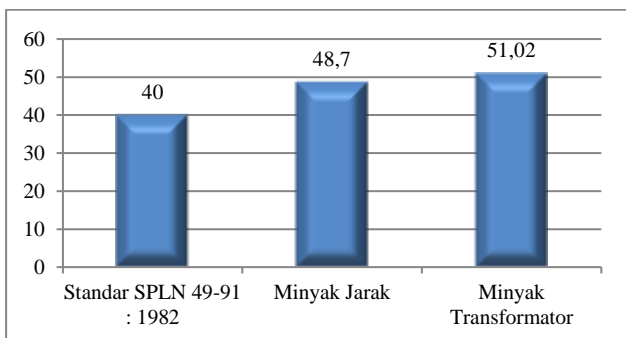
Parameter uji	Nilai	Standar SPLN 49-91 : 1982
Viskositas (cSt)	48,70 cSt	< 40 cSt

Spesifikasi viskositas minyak isolasi cair sebesar  $\leq 40$  cSt. Hasil yang diperoleh dari pengukuran viskositas minyak jarak sebesar 48,70 cSt.

Sebagai perbandingan viskositas minyak jarak, dilakukan pengukuran viskositas terhadap minyak trafo merek *Shell Diala-B* pada temperatur suhu 30°C. Hasil pengukuran viskositas minyak transformator diperlihatkan pada tabel 6.

Tabel 6.  
 Hasil pengujian viskositas minyak transformator

Parameter uji	Nilai	Standar SPLN 49-91 : 1982
Viskositas (cSt)	51,02 cSt	< 40 cSt



Gambar 4. Grafik perbandingan viskositas

Nilai viskositas minyak jarak lebih rendah dibandingkan dengan minyak trafo, akan tetapi nilai viskositas minyak jarak dan minyak trafo melebihi dari nilai standar viskositas yang telah ditetapkan oleh SPLN 49-91 : 1982 sehingga nilai viskositas yang tinggi tidak memenuhi syarat sebagai alternatif isolasi cair.

### D. Pengukuran tegangan tembus

Hasil tegangan tembus minyak jarak pada temperatur suhu 30°C diperlihatkan pada tabel 7.

Tabel 7.  
 Hasil nilai rata-rata pengujian tegangan tembus minyak jarak

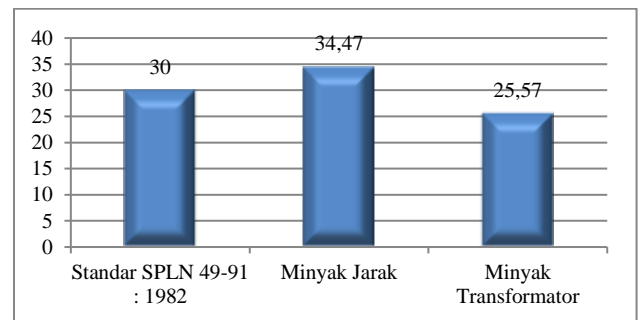
Parameter uji	Nilai	Standar SPLN 49-91 : 1982
Tegangan tembus (KV)	34,47 kV	$\geq 30$ KV

Spesifikasi tegangan tembus minyak isolasi cair sebesar  $\geq 30$  Kv/2,5 mm. Hasil yang diperoleh dari pengukuran tegangan tembus minyak jarak sebesar 34,47 kV.

Sebagai perbandingan tegangan tembus minyak jarak, dilakukan pengukuran tegangan tembus terhadap minyak trafo merek *Shell Diala-B* pada temperatur suhu 30°C. Hasil tegangan tembus minyak transformator diperlihatkan pada tabel 8.

Tabel 8.  
 Hasil nilai rata-rata pengujian tegangan tembus minyak transformator

Parameter uji	Nilai	Standar SPLN 49-91 : 1982
Tegangan tembus (KV)	25,57 kV	$\geq 30$ KV



Gambar 5. Grafik perbandingan tegangan tembus

Nilai tegangan tembus minyak jarak lebih tinggi dibandingkan dengan minyak trafo, dalam hal ini nilai tegangan tembus minyak jarak telah memenuhi standar spesifikasi sebagai minyak isolasi cair.

## IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian uji kelayakan minyak jarak sebagai bahan isolasi cair pada transformator dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Minyak isolasi cair diatur dalam standar SPLN 49-91 : 1982 yang harus dipenuhi agar suatu minyak bisa digunakan sebagai isolasi cair.

2. Dengan adanya perbandingan pengukuran minyak transformator merek *Shell Diala-B* terhadap minyak jarak pada temperatur suhu 30°C, maka dapat diketahui kelayakan minyak jarak sebagai alternatif isolasi cair pada transformator yaitu :
  - a. Nilai kadar air pada minyak jarak lebih rendah dibandingkan dengan minyak transformator, sehingga minyak jarak memenuhi standar spesifikasi sebagai minyak isolasi cair.
  - b. Nilai massa jenis pada minyak jarak lebih tinggi dibandingkan dengan minyak transformator. Nilai massa jenis minyak jarak melebihi nilai standar spesifikasi sebagai minyak isolasi cair sehingga massa jenis minyak jarak belum terpenuhi.
  - c. Nilai viskositas minyak jarak lebih rendah dibandingkan dengan minyak transformator. Akan tetapi, nilai viskositas pada kedua minyak tersebut melebihi nilai standar spesifikasi sebagai alternatif minyak transformator.
  - d. Nilai tegangan tembus minyak jarak lebih tinggi dibandingkan dengan minyak transformator, sehingga minyak jarak memenuhi standar spesifikasi sebagai minyak isolasi cair.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rangga Sanjaya, "Pendingin-oil-minyak-pada-transformator," politeknik negeri malang, 2019
- [2] Rina Latuconsina, "Menentukan-kualitas-minyak-transformator-dengan-pengolahan-citra-digital," seminar nasional iptek terapan (SENT), 2017
- [3] Firah Adibah, "studi-karakteristik-minyak-jarak-sebagai-alternatif-isolasi-cair-pada-transformator-daya-menggunakan-destilasi-vakum-dengan-variasi-venol." 2016.
- [4] Knowledge Centre, "Pengujian-Karakteristik-Minyak-Isolasi-Trafo," 2010.
- [5] Silmi Nuruk Utami, "Manfaat-gaya-listrik-dalam-kehidupan-sehari-hari," 2021.
- [6] Rendy Kamerlisa Putra, Pri Murdiya, "karakteristik-tegangan-tembus-arus-bolak-balik-pada-minyak-jarak-pagar-(*Jatropha curcas L.*)-sebagai-alternatif-isolasi-cair." 2017.
- [7] Rahmawati, Sri Agustina, and Monang R. Malau, "evaluasi-kandungan-air-terhadap-tegangan-tembus-pada-minyak-jarak-yang-telah-melalui-proses-transesterifikasi-sebagai-alternatif-minyak-transformator," mikrotiga, vol 1, No 3 november 2014.
- [8] Delly Ramadhani Yunita, "uji-performansi-teknis-penggunaan-minyak-jarak-pagar-(*Jatropha curcas L.*)-sebagai-bahan-bahan-bakar-pengganti-minyak-tanah-pada-kompur-tekan." 2007
- [9] Wasimudin Surya S, Bachtiar Hasan, Imam Munandar, "studi-pengaruh-perubahan-temperatur-terhadap-karakteristik-tegangan-tembus-minyak-isolasi-nynas," 2014.
- [10] Eri Suherman, M. Akbar, "Analisi-karakteristik-minyak-transformator-starlite-400kVA-terhadap-tegangan-tembus," volume X. no. 1. Maret 2020
- [11] Maulana Sakti Lubis, "kekentalan-minyak-nabati-sebagai-bahan-isolasi-cair," 2009.
- [12] Marlon Tua Pangihutan, "pengujian-tegangan-tembus-AC-minyak-serai-dengan-menggunakan-berbagai-elektroda," vol. 9. No.2 2019
- [13] Abdul Syakur, M. Facta, "perbandingan-tegangan-tembus-media-isolasi-udara-dan-media-isolasi-minyak-trafo-menggunakan-elektroda-bidang-bidang," transmisi, vol. 10. No. 2. Desember 2005
- [14] M. Renaldy Arief, "analisa-tegangan-tembus-minyak-kelapa-sawit-(crude-palm-oil)-dengan-variasi-suhu-menggunakan-elektroda-bola-bola-standar-IEC-156," 2018.
- [15] Rizal Achmadasyah, Prof, dr. ir. Sasongko Pramono H, dea., sarijaya ST. MT. Ph.D, "karakteristik-isolator-cair-campuran-minyak-sawit-dan-minyak-diala-b-sebagai-minyak-transformator." 2019.
- [16] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, "menteri-esdm-cadangan-minyak-indonesia-tersedia-untuk-9,5-tahun-dan-cadangan-gas-19,9-tahun," 2021.
- [17] Insulating Liquid Determination of The Breakdown Voltage at Power Frequency – The Method, IEC Publication 156, 1995.