Analisis Tegangan Tembus Arus Bolak Balik Pada Minyak Nyamplung (*Colophyllum Inophyllum*) Sebagai Alternatif Isolasi Cair

Luchman Wira Admaja[1)], Fri Murdiya[2)]
[1)]Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro S1, [2)]Dosen Teknik Elektro
Laboratorium Tegangan Tinggi
Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. H.R.Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru Panam,
Pekanbaru, Riau
28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: luchmanwiraadmaja@gmail.com

ABSTRACT

This study is looking for the ratio of breakdown voltage between mineral oil and Colophyllum Inophyllum oil as an alternative of liquid insulation. The test of oil uses a yellowish half-ball electrode, yellowish ball electrode, and aluminium balls electrode. The value of oil breakdown voltage Colophyllum Inophyllum is higher than mineral oil. By test result, breakdown voltage that a yellowish half ball electrode is higher than by ball electrode and aluminium ball electrode. This study also varies electrode, gap space, and water level on Colophyllum Inophyllum oil to determine the effect of breakdown voltage. Less water level in oiled higher of value of breakdwon voltage is higher. To be alternative liquid insulation must fulfill with the standared spesifications liquid insulation with Colophyllum Inophyllum oil has been met some certain criterias such as breakdown voltage, flash point, viscocity, and water content. On the other side spesifications of density and pour point do not meet yet the standared spesifications of liquid insulation.

Keywords: Liquid insulation,breakdown voltage, Colophyllum Inophyllum oil

1. PENDAHULUAN

Sistem Tenaga Listrik adalah suatu sistem yang terdiri dari beberapa komponen berupa pembangkitan, transmisi, distribusi dan beban yang saling berhubungan dan berkerja sama untuk melayani kebutuhan tenaga listrik bagi pelanggan sesuai kebutuhan

Tenaga listrik mempunyai suatu sistem, pembangkit tenaga listrik yang menghasilkan aliran daya yang menuju kesaluran transmisi dan akan didistribusikan menuju ke komsumen, komponen yang terpenting adalah transformator. Transformator meningkat tegangan yang dihasilkan oleh pembangkit melalui trasmisi dan tegangan akan diturunkan untuk didistribuskan (Garniwa Iwa dan Jonathan Fritz, 2009)**.**

Transformator mempunyai lilitan kawat yang berisolasi membentuk kumparan, kumparan dan inti besi tersebut akan diisolasi menggunakan isolasi minyak. Isolator berfungsi untuk mengisolasi didalam rangkin listrik. Jika transformator berkerja akan menimbul panas selama beroperasi maka cairan dielektrik didalam transformator akan berfungsi sebagai pendingin, penolakan panas sangat penting karena suhu yang berlebih akan dapat merusak isolasi, dan memepercepat kegagalan (Y, M Yusnida *et al* 2012) isolasi minyak mempunyai sifat untuk memisahkan secara elektris antara dua buah penghantar agar tidak terjadinya kebocoran arus atau terjadinyanya loncatran api (*flashover*). Maka kekuatan dielektrik isolasi haruslah baik serhingga hantarannya dapat dihindari (Junaidi Alvian, 2008).

Minyak mineral atau minyak bumi digunakaan sebagai minyak transformator. 18 tahun lagi akan diperkirakan minyak bumi akan habis. Minyak bumi tidak dapat di perbaharui dikarenakan sumber daya alam, untuk mendapatkan kembali butuh waktu yang lama (Muhammad Fatih Ridho *et al*, 2014). Agar tidak begantungan dengan minyak bumi sebagai isolasi cair mencari alternatif isolasi cair menngunakan minyak nabati.

Pada umunya viskositas pada minyak nabati cukup tinggi dan meski stabilitas iksidasi yang rendah, dan memiliki sifat lubrisitas yang baik. Maka minyak nabati dpapat digunakan untukmensubsitusi penggunaan minyak mineral atau minyak bumi sebagai isolasi dan pendingin. Diindonesia ada beberapa minyak nabati yang dapat digunakan sebagai isolasi diantaranya adalah minyak kelapa, minyak sawit, minyak jarak dan minyak nyamplung.

Berdasarkan uraian diatas akan diklakukan pengujian mengenaik minyak nyamplung (*Calophyllum Inophyllum)* dengan pengujian sifat fisik minyak dan tegangan tembus dibandingkan dengan minyak transformator untuk mengetahui kelayakan minyak nyamplung sebegai alternatif isolasi cair.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Pembangkit Tegangan Tinggi AC

Pengujian tegangan tinggi di laboratorium memerlukan trafo uji yang membangkitkan tegangan tinggi AC. Trafo uji berfungsi untuk mengubah tegangan rendah menjadi tegangan tinggi. Trafo uji yang digunakan adalah trafo satu fasa karena pengujian hanya membutuhkan trafo satu fasa. Trafo uji juga dapat membangkitkan tegnagan tinggi DC dan Impuls (Putra dan Murdiya, 2017).

2.2 Isolasi Cair

isolasi cair digunakan, antara lain yang pertama adalah isolasi cair memiliki kerapatan 1000 kali atau lebih dibandingkan dengan isolasi gas, sehingga memiliki kekuatan dielektrik yang lebih tinggi menurut hukum Paschen. Kedua isolasi cair akan mengisi celah atau ruang yang akan diisolasi dan secara serentak melalui proses konversi menghilangkan panas yang timbul akibat rugi energi. Ketiga isolasi cair cenderung dapat memperbaiki diri sendiri (*self healing*) jika terjadi pelepasan muatan (*discharge*). Namun kekurangan utama isolasi cair adalah mudah terkontaminasi.

Terdapat beberapa macam faktor yang diperkirakan mempengaruhi kegagalan minyak transformator seperti luas daerah elektroda, jarak celah (*gap spacing*), pendinginan, perawatan sebelum pemakaian (elektroda dan minyak), pengaruh kekuatan dielektrik dari minyak transformator yang diukur serta kondisi pengujian atau minyak transformator itu sendiri juga mempengaruhi kekuatan dielektrik minyak transformator.

2.3 Minyak Mineral Trafo

Minyak isolasi mineral adalah minyakisolasi yang bahan dasarnya berasal dari minyak bumi dan proses dengan cara destilasi. Minyak isolasi hasil destilasi ini harus menjalani beberapa proses lagi agar diperoleh tahanan isolasi yang tinggi, stabilitas panas yang baik, mempunyai karakteristik panas yang stabil, dan memenuhi syarat-syarat teknis yang lain. Minyak isolasi mineral banyak digunakan pada transformator daya, kabel, pemutus daya (CB) dan kapasitor

Minyak trfo berfungsi untuk sebagai pendingin kumparan kawan dan memisahkan peralatan yang mememiliki beda potensial (saprianto, 2017). Minyak isolasi yang harus memenuhi syarat-syarat pada tabel 2.1.
Tabel 2.1 Syarat Minyak Isolasi.

Parameter Uji	Batasan	Standar
Tegangan Tembus	>30 kV/2,5 mm	SPLN 49-91: 1982
Titik Nyala (*Flash Point*)	≥ 140 °C	SPLN 49-91: 1982
Titik Tuang (*Pour Point*)	≤ -30 °C	SPLN 49-91: 1982
Viskositas (*Viscosity*) 20 °C	≤ 40 cSt	SPLN 49-91: 1982
Berat Jenis (*Density*) 20 °C	≤ 0,859 gr/cm^3	SPLN 49-91: 1982
Kandungan Air	≤ 30 mg/kg	IEC 60296-2003

2.4 Sifat-Sifat Fisik Isolasi Minyak

A. massa Jenis *(specific mass)*

Massa jenis adalah pengukuran massa pada setiap satu volume benda, semakin tinggi massa jenis pada benda, maka semakin tinggi massa setiap volume bendanya. Massa jenis isolator minyak mineral ini lebih kecil dari air.

B. kekentalan *(viscosity)*

Viskositas adalah besaran yang menggambarkan ketentuan aliran zat cair. Dalam fungsinya sebagai media pendingin, maka viskositas bahan isolasi cair merupakan factor penting dalam aliran konversi untuk memindahkan panas. Viskositas tergantung pada temperatur cairan. Semakin rendah kekentalan dari minyak, semain baik konduktifitas termalnya, sehingga semakin baik pula kualitas dari minyak isolasi tranfsormator.

C. Titik nyala *(flash point)*

Titik nyala pada suatu minyak merupakan peryataan dimana pada minyak akan dipanaskan pada kondisi yang ditentukan sebelum uap minyak menjadi api. Semakin tinggi titik nyala pada sebuah minyak, maka semakin baik untuk dijadikan isolasi cair.

D. Titik Tuang *(pour point)*

Titk tuang merupakan nilai batas minyak isolasi yang dapat mengalir saat perubahaan temperatur dibawah normal. Semakin rendah nilai titik tuang semakin baik minyak isolasi transformator.

2.5 Mekanisme Kegagalan Isolasi Cair

Terjadinya kegagalan isolasi cair dikarenkan adanya loncatan listrik yang menyebab terjadinya gelembung gas pada isolasi yang mengakibatkan butiran zat padat pada minyak yang membentuk pembentukan lubang konduktor (Setiawa Rudi dan Murdiya Fri 2017).

1. Kegagalan gelembung atau kavitasi merupakan bentuk kegagalan isolasi zat cair yang disebabkan oleh gelembung-gelembung gas di dalamnya. Gelembung gas pada dielekrik cair disebabkan oleh beberapa hal yaitu :
   a. Permukaan elektroda yang tidak rata sehingga ada kantong udara pada permukaan elektroda.
   b. Adanya benturan electron sehingga terjadi produk baru berupa gas.
   c. Peluahan pada bagian yang runcing atau tidak teratur pada elektroda.
   d. Perubahan suhu dan tekanan cairan.
2. Tembus listrik bola cairan jika suatu zat isolasi cair mengandung sebuah bola cair atau jenis cairan lain, maka dapat terjadi kegagalan akibat ketidak stabilan bola cair tersebut dalam medan listrik. Jika bola cair dikenai medan listrik, bola cair akan berbentuk lonjong (spheroid) dan akan memenuhi dua pertiga dari celah elektroda.

3. Kekuatan dielektrik bila elektroda diberi tegangan V, maka timbul medan elektrik di dalam bahan isolasi. Medan dielektrik ini membari gaya kepada electron-elektron agar terlepas dari ikatannya dan menjadi electron bebas. Dengan kata lain, medan elektrik merupakan suatu beban yang menekan bahan isolasi agar berubah menjadi konduktor. Setiap bahan isolasi yang mempunyai batas kekuatan untuk memikul medan elektri

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini mencari hasil tegangan tembus minyak trafo dan minyak nyamplung menggunakan variasi elektroda dan mencari spesifikasi sifat minyak sebagai isolasi cair.

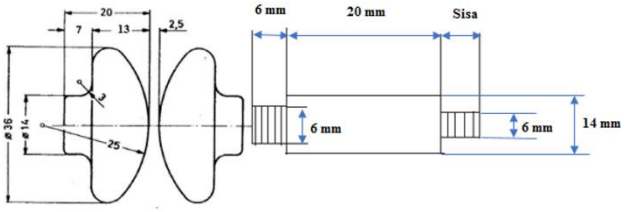
3.1 Peralatan Penelitian

1. Peralatan pengujian tegangan tembus

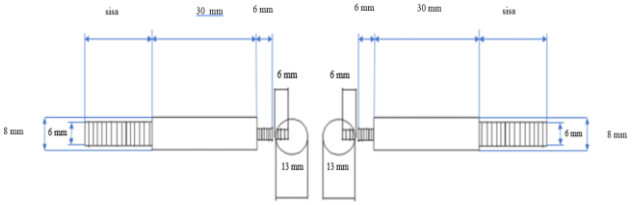
Gambar 1. Rangkaian pengujian tegangan tembus arus bolak-balik AC

2. Elektroda

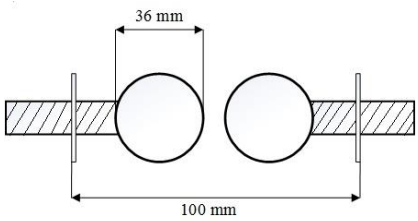
Alat ini digunakan sebagai pengujian tegangan tembus minyak isolasi



Gambar 2. Elektroda setengah bola kuningan diameter 36 mm



Gambar 3. Elektroda bola-bola kuningan diameter 13 mm



Gambar 4. Elektroda bola-bola almunium diameter 36 mm

Elektroda yang terdapat pada gambar 2, gambar 3 dan gambar 4. adalah elektroda yang Digunakan pada pengujian tengangan minyak RBDPO olein yang di bandingkan dengan minyak isolasi cari merk Shell Diala B dengan variasi jarak dan variasi elektroda (Setiawa Rudi dan Murdiya Fri 2017).

3.2 Pengujian Spesifikasi Minyak Isolasi

1. Kekentalan (Viskositas)

Minyak diatur dengan suhu 20°C kemudian masukan minyak ke dalam viscometer. Lalu cata waktu disaat minyak mengalir dan hitung dengan persamaan.

Dimana :

μ = Viskositas kinematik (cSt)
C = Kontanta *viskometer tube* (0,4994)
t = waktu yang dibutuhkan fluida mengalir hingga tanda atas (s)

2. Massa Jenis

Timbang pikometer dalam keadaan kosong, selanjutnya pikonometer dimasukan minyak sampai penuh lalu tutup piknometer dan dipastikan tidak ada gelembung dialamnya. Lalu timbang pikometer yang sudah diisi minyak. Perhitungan massa jenis dihitung dengan persamaan:

$$\text{Densitas } (\rho) = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

Dimana :

V = Volume Piknometer (ml)
m_1 = Berat piknometer kosong (gram)
m_2 = Berat piknometer yang diisi minyak (gram)

3. Kadar Air

Pegurangan kadar air dilakukan dengan memasukan minyak kedalam wadah lalau di oven dengan suhu 103°C dengan waktu 30 menit kemudian wadah ditimbang dan catat datanya . perhitungan kadar air ditentukan dengan persamaan:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1 - W} \times 100\%$$

Dimana :

W = Berat wadah Kosong (gram)
W_1 = Berat wadah dengan contoh (gram)
W_2 = Berat contoh uji setelah dikeringkan (gram)

4. Pengukuran Titik Tuang

Siapkan minyak sebanyak 100 ml lalu dituangkan ke dalam tabung uji silinder. kemudian masukan wadah uji ke dalam tabung yang sudah berisi dengan penaburan NaCI. Amati perubahaan suhu setiap 3°C. jika minyak sudah membeku maka keluarkan wadah uji dari tabung pengujian dan lihat pada suhu berapa minyak bias dituang kembali.

5. Pengukuran Titik Nyala

Menyalakan alat pengujian titik nyala, kemudian pasang gas untuk disalurkan ke alat pengujian sebagai bahan bakar api pada alat tersebut, ambil sampel dengan menggunakan suntik sebanyak 2 ml dan lalu memasukan sampel ke dalam tempat pengujian, atur suhu sesuai yang diinginkan lalu nyalakan api pada alat tersebut dan mulai melakukan pengujian pada minyak, minyak akan nyala dengan menandai terjadinya loncatan api terhadap minyak tersebut. Catat pada suhu berapa terjadinya loncatan api pada minyak maka itu hasil pengukulan titik nyala.

6. Pengujian Tegangan Tembus

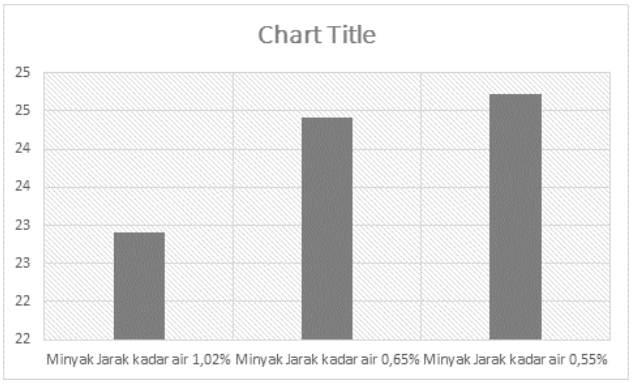
Penelitian dimulai dengan menyiap minyak. Kemudian mengatur jarak elektroda pada kotak uji dan dimasukan minyak ke dalam kotak uji. Catat temperatur dan tekanan udara didalam ruangan pengujian untuk mengetahui keadaan ruangan pengujian. tegangan pada control desk dinaikan perlahan hingga terjadinya tembus litrsik pada isolasi minyak yang ditandai dengan adanya loncatan api terhadap kedua elektroda dan dilakukan sebanyak 20 kali pengujian dengan waktu selama 3 menit.

4. HASIL PENELITIAN

4.1 Pengujian sifat fisik minyak nyamplung

1. Pengujian *Viskositas*

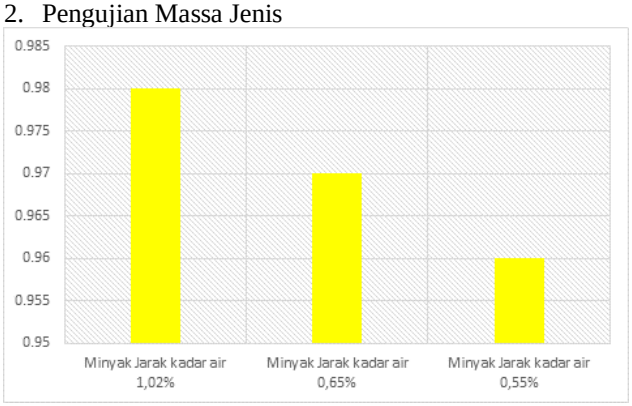
Viskositas adalah tahanan dari cairan untuk mengalir secara kontinu dan merata. Viskositas minyak diukur dari mengalirnya minyak dengan volume tertentu. Semakin rendah nilai viskositas pada minyak maka semakin baik untuk dijadikan isolasi baru.



Gambar 5. Hasil pengujian viskositas pada minyak nyamplung.

Pada gambar 5. Berdasarkan SPLN 49-91:1982 spesifikasi isolasi adalah ≤ 40 cSt. Maka minyak nyamplung memenuhi spesifikasi minyak isolasi baru

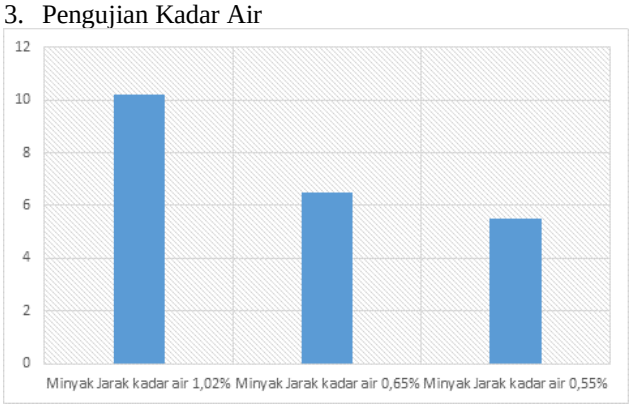
2. Pengujian Massa Jenis



Gambar 6. Grafik hasil pengujian massa jenis minyak nyamplung.

Pada gambar 6. Berdasarkan SPLN 49-91:1982 spesifikasi isolasi adalah ≤ 0,86 gr/cm^3. Maka minyak nyamplung belum memenuhi spesifikasi sebagai minyak isolasi baru

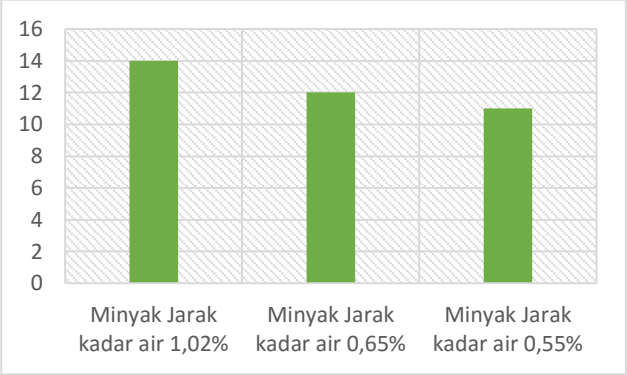
3. Pengujian Kadar Air



Gambar 7. Hasil pengujian kadar minyak nyamplung

Berdasarkan IEC 60296-2003 untuk spesifikasi kadar air pada minyak isolasi baru ≤ 30 mg/kg. kadar air pada minyak nyamplung memenuhi standar yang di tetepkan oleh IEC 60296-2003.

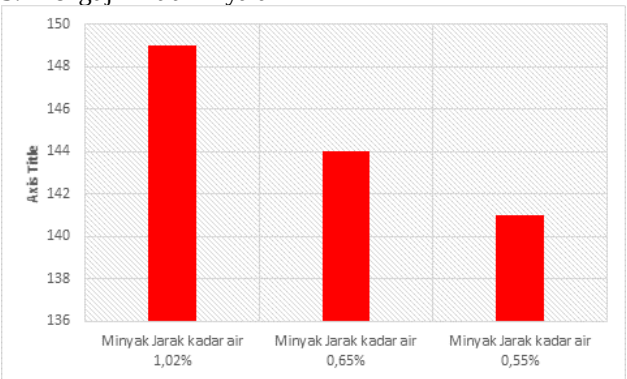
4. Pengujian Titik Tuang



Gambar 8. Hasil pengujian titik tuang pada minyak nyamplung

Pada gambar 8. dapat dilihat nilai titik tuang pada minyak nyamplung lebih besar dari titik tuang yang diteteapkan oleh standar SPLN 49-91: 198. menyebutkan bahwa titik tuang yang memenuhi syarat untuk spesifikasi minyak isolasi baru adalah ≤ 30^0C Maka minyak nyamplung belum memenuhi spesifikasi minyak isolasi baru

5. Pengujin Ttitik Nyala

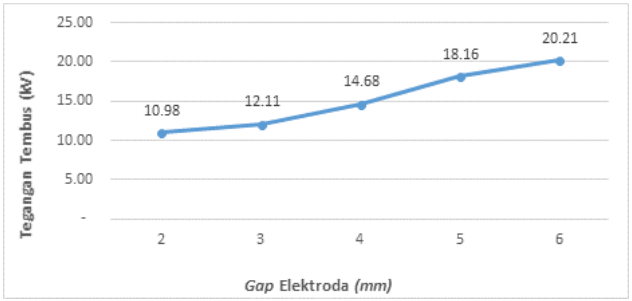


Gambar 9. Grafik hasil pengujian titik nyala minyak nyamplung.

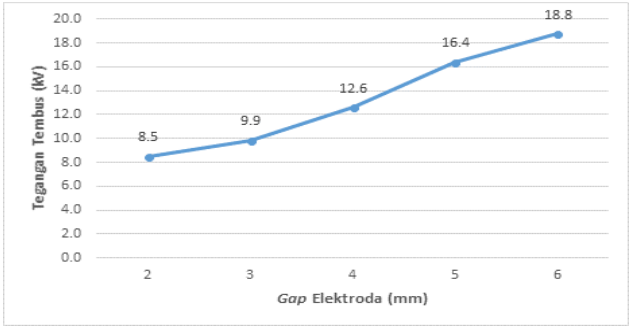
Pada gambar 9 dapat dilihat bahwa hasil titik nyala pada minyak nyamplung lebih besar dari pada titik nyala yang diteteapkan oleh standar SPLN 49-91: 1982. , menyebutkan titik nyala yang harus dipenuhi untuk menjadi spesifikasi minyak isolasi baru adalah ≥ 140 ℃.
Maka minyak nyamplung telah memenuhi spesifikasi minyak isaolasi baru.

4.2 Pengujian Teganga Tembus

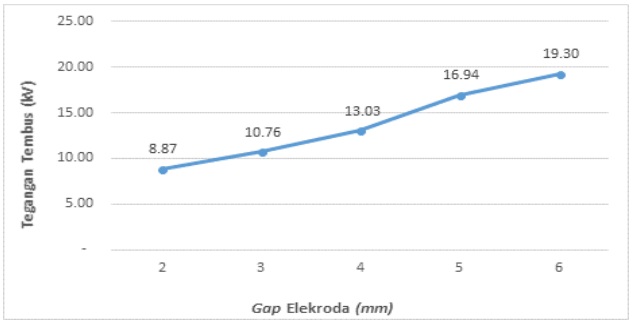
4.2.1 Variasi Elektroda dan *Gap*



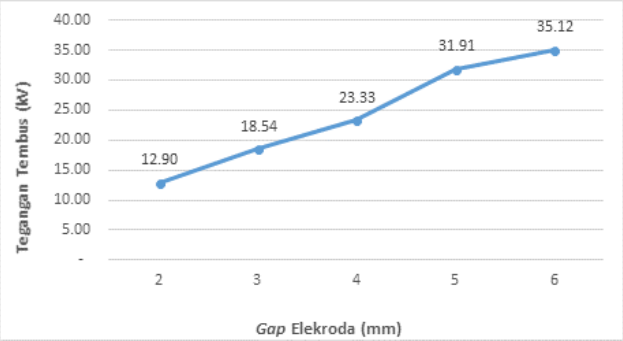
Gambar 10. Grafik hasil pengujian tegangan tembus rata rata tiap gap menggunakan elektroda setengah bola kuningan diameter 36 mm dengan minyak trafo sebagai objek uji.



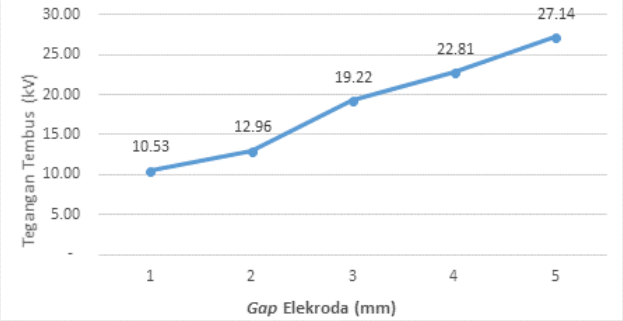
Gambar 11. Grafik hasil pengujian tegangan tembus rata rata tiap gap menggunakan elektroda bola-bola kuningan diameter 13 mm dengan minyak trafo sebagai objek uji.



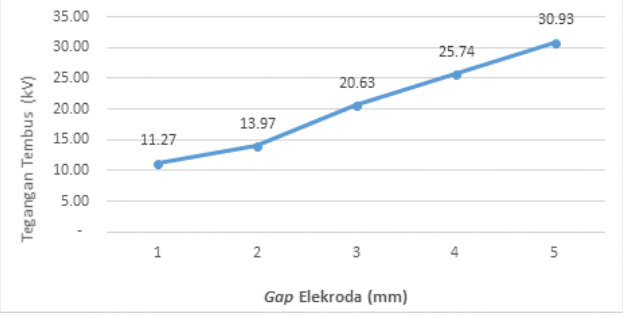
Gambar 12. Grafik hasil pengujian tegangan tembus rata rata tiap gap menggunakan elektroda bola-bola almunium diameter 36 mm dengan minyak trafo sebagai objek uji.



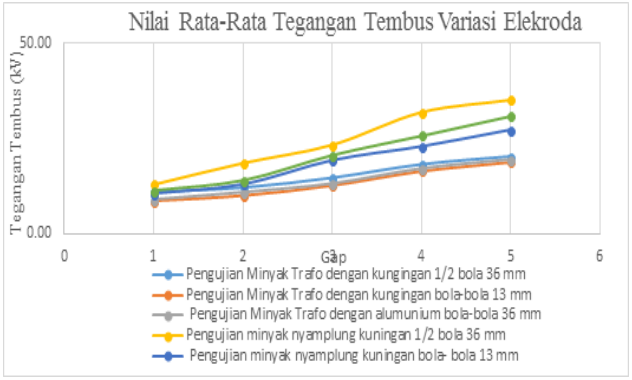
Gambar 13. Grafik hasil pengujian tegangan tembus rata rata tiap gap menggunakan elektroda setengah bola kuningan diameter 36 mm dengan minyak nyamplung sebagai objek uji.



Gambar 14. Grafik hasil pengujian tegangan tembus rata rata tiap gap menggunakan elektroda bola-bola kuningan diameter 13 mm dengan minyak nyamplung sebagai objek uji.



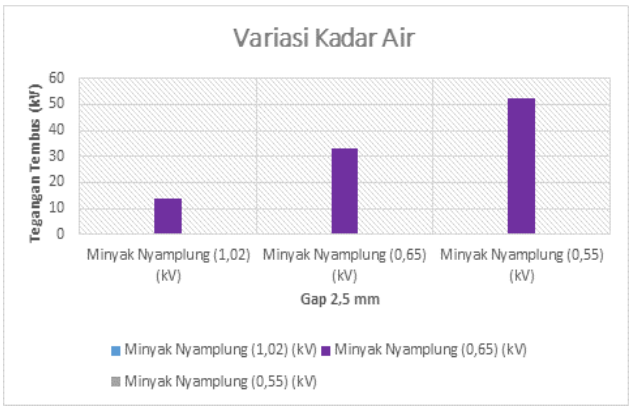
Gambar 15. Grafik hasil pengujian tegangan tembus rata rata tiap gap menggunakan elektroda bola-bola almunium diameter 36 mm dengan minyak nyamplung sebagai objek uji.



Gambar 16. Grafik pengujian tegangan tembus minyak trafo dan minyak nyamplung variasi elektroda dan *gap*

Gambar 16. merupakan hasil rata-rata grafik pengujian tegangan tembus AC minyak trafo dan minyak nyamplung dengan variasi elektroda dan *gap*

Berikut Gambar 17. grafik pengujian tegangan tembus dengan menggunakan variasi kadar air minyak nyamplung di bandingkan dengan minyak trafo dengan *gap* 2,5 mm.



Gambar 17. Grafik pengujian tegangan tembus variasi kadar air menggunakan gap 2,5 mm

Pada gambar 17 . dapat dilihat grafik pengujian tegangan tembus minyak trafo dan minyak nyamplung variasi kadar air menggunakan jarak 2,5 mm. Dari hasil pengujian tegangan tembus, presentase kandungan air sangatlah berpengaruh terhadap tegangan tembus isolasi minyak, besarnya tegangan tembus meningkat seiringnya dengan penurunan kadar air yang terdapat pada minyak nyamplung. Begitu juga sebaliknhya, semakin besar kandungan kadar air pada minyak maka semakin kecil nilai tegangan tembusnya.

5. KESIMPULAN

1. Nialai tegangan tembus minyak nyamplung lebih tinggi dibandingkan minyak trafo
2. Elektroda setengah bola kuningan diameter 36 mm lebih tinggi tegangan tembusnya dibandingan dengan elektroda bola-bola kuningan kuningan diameter 13 dan elektroda bola-bola almunium diameter 36 mm
3. Syarat spesifikasi yang dipenuhi oleh minyak nyamplung sebagai isolasi cair yaitu tegangan tembus, titik nyala, kadar air dan viskositas.

SARAN

Penelitian ini masih terdapat kekurangan sehingga perlu dilanjutkan dan dikembangkan. Skripsi ini dapat dilanjutkan dengan melakukan penelitian dengan menggunakan alat penggujian standar SPLN variasi dengan memakai elektroda yang standar dan menguji sifat-sifat lainya pada minyak nyamplung.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM, D 97-66. *Standard Method for Determining the physico-cemical propertis under reach.*

ASTM, D1298. *Standard Test Method for Density.*

ASTM, D 445. *Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquid*

Garniwa, I., & S, J. F. (2011). *Analisis Pengaruh Kenaikan Temperatur Dan Umur Minyak Transformator Terhadap Degradasi Tegangan Tembus Minyak Transformator*.Jurnal Teknik Elektro, Universitas Indonesia. Depok.

Junaidi Alfian. 2008. *Pengaruh Perubahan Suhu Terhadap Tegangan Tembus Pada Bahan Isolasi Cair*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Tridharma.

Muhammad Fatih Ridho dkk. 2014. *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Putra, R.K., Murdiya, Fri, (2017). Karakteristik Tegangan Tembus Arus Bolak Balik Pada Minyak Jarak Pagar (Jatropha Curcas) Sebagai Alternatif Isolasi Cair. Teknik Elektro Universitas Riau

Setiawan, R., Murdiya, F., n.d.(2017) *Perancangan Alat dan Pengujian Tegangan Tembus dengan Minyak Isolasi RBDPO Olein Menggunakan Elektroda Bola-Bola.*Teknik Elektro Universitas Riau

Y, M Yusnida *et al* 2012. *Breakdown Voltage Characteristic of MO and RBDPO Mixture for Power Transformer Insulation. School of Electrical and Electronic Engineering* Universiti Sains Malaysia Nibong Tebal