

PENGUJIAN TEGANGAN TEMBUS BOLAK BALIK MINYAK GORENG BERBAGAI MERK DENGAN MENGGUNAKAN VARIASI BENTUK ELEKTRODA

Marlon Tua Pangihutan Sibarani

Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No. 1 Kampus USU Medan 20155

Email: marlon.19770325@polmed.ac.id

Abstrak

Perkembangan saat ini menuntut suatu produk yang aman dan ramah lingkungan yang dapat digunakan sebagai isolasi cair transformator. Keadaan ini berpeluang menggunakan bahan energi terbarukan dari minyak nabati seperti minyak goreng untuk mendinginkan transformator. Pengujian pada minyak goreng berbagai merk ini merupakan pengujian tegangan tembus bolak-balik dengan variasi bentuk elektroda yang bertujuan untuk mengetahui besar tegangan tembusnya (V_{bd}). Pengujian ini menggunakan elektroda berbentuk jarum dan bola dengan jarak sela elektroda (s) dan arus sekunder transformator (Is) yang berbeda. Tegangan tembus bolak-balik sebenarnya untuk minyak goreng bermerk Sania dengan menggunakan elektroda jarum dengan Is sebesar 1,6 mA pada jarak sela 5 mm, 10 mm, 15 mm adalah 22,9 kv, 23,3 kv, 23,7 kv dan dengan menggunakan elektroda bola pada Is dan s yang sama diperoleh tegangan tembus sebenarnya sebesar 21,9 kv, 22,3 kv, 22,7 kv. Tegangan tembus bolak-balik yang sebenarnya untuk minyak goreng SunCo dengan menggunakan elektroda jarum dengan Is sebesar 1,6 mA pada jarak sela 5 mm, 10 mm, 15 mm adalah 22,3 kv, 22,9 kv, 23,5 kv dan dengan menggunakan elektroda bola pada Is dan s yang sama diperoleh sebesar 21,5 kv, 21,9 kv, 22,5 kv.

Kata Kunci: transformator, tegangan tembus bolak-balik, minyak goreng berbagai merk, variasi bentuk elektroda.

Abstract

Current developments require a product that is safe and environmentally friendly which can be used as a liquid insulation transformer. This situation has the opportunity to use renewable energy materials from vegetable oils such as cooking oil to cool the transformer. Testing on various brands of cooking oil is a test of alternating voltage alternating with variations in the shape of the electrode which aims to determine the amount of breakdown voltage (Vbd). This test uses a needle and sphere-shaped electrode with different spacing between electrodes (s) and transformer secondary current (Is). The actual alternating voltage for Sania brand cooking oil using needle electrodes with Is of 1.6 mA at intervals of 5 mm, 10 mm, 15 mm is 22.9 kv, 23.3 kv, 23.7 kv and with using the same ball electrode on the same Is and s obtained the actual breakdown voltage of 21.9 kv, 22.3 kv, 22.7 kv. Actual alternating voltage for SunCo cooking oil using needle electrode with Is of 1.6 mA at intervals of 5 mm, 10 mm, 15 mm is 22.3 kv, 22.9 kv, 23.5 kv and with using the same ball electrode at Is and s obtained at 21.5 kv, 21.9 kv, 22.5 kv.

Keywords: transformer, alternating breakdown voltage, various brands of cooking oil, various electrode shapes.

1. PENDAHULUAN

Minyak transformator merupakan salah satu bahan yang digunakan sebagai isolasi dan pendingin pada transformator di mana ada dua bagian yang secara aktif membangkitkan panas yaitu kumparan (tembaga) dan inti (besi). Jika panas itu tidak diberi pendinginan akan menyebabkan kumparan dan inti mencapai suhu yang adapada kumparan dan menjadi rusak. Apabila tegangan yang diterapkan mencapai tingkat ketinggian tertentu akan bahan isolasi tersebut akan mengalami pelepasan

muatan yang merupakan bentuk kegagalan listrik. Peralatan tegangan tinggi khusus nyatra transformator daya, isolasi sangat diperlukan untuk memisahkan dua alat lebih penghantar listrik yang bertegangan sehingga antar penghantar tersebut tidak terjadi lonjakan atau percikan listrik [4]. Ada dua alasan yang harus dipertimbangkan dalam rangka mencari alternatif isolasi cair ramah lingkungan karena minyak nabati dapat terdegradasi secara biologis dan engansempurna dan persediaannya sangat melimpah. Berdasarkan pertimbangan

diatas, makadilakukan observasi terhadap minyak nabati yang dalam hal ini dipilih minyak goreng bermerk Sania dan SunCo (sebagai sampel) yang diuji sebagai bahan alternatif isolasi cair transformator dengan menentukan besarnya arus sekunder transformator (Is) dan variasi jarak sela elektroda pada berbagai bentuk elektroda (jarum dan bola) sehingga diperoleh besar tegangan tembus bolak-baliknya.

2. METODE

2.1. Pembangkitan Tegangan Tinggi Bolak-Balik

Transformator (trafo) yang digunakan sumber pembangkit tegangan tinggi bolak-balik, searah dan impuls. Pembangkitan sumber bolak-balik ini diperlukan untuk mengurangi perubahan bentuk gelombang dari trafo uji [3]. Pembangkitan tegangan tinggi bolak-balik pada pengujian laboratorium memerlukan trafo uji yang berfungsi untuk mengubah tegangan rendah menjadi tegangan tinggi. Trafo uji biasanya berupa trafo satu fasa karena pengujian biasanya dilakukan untuk setiap fasa dan setiap kali yang diujikan hanya satu fasa.

2.2. Kekuatan Dielektrik Cair

Kekuatan dielektrik adalah kemampuan suatu material menahan tegangan tinggi yang dipikulnya. Kekuatan dielektrik cair tergantung pada sifat molekul cairan itu sendiri, material elektroda, suhu, jenis tegangan yang diberikan, gas yang terdapat dalam cairan dan sebagainya yang dapat mengubah sifat molekul cairan tersebut. Kekuatan dielektrik isolasi cair setara dengan tegangan yang terjadi yaitu menurut hukum Paschen's berkisar 10^7 V/cm.

Dielektrik cair harus mempunyai sifat dielektrik yang baik, mempunyai karakteristik perpindahan panas yang baik dan mempunyai struktur kimia yang stabil pada saat pengoperasian [5]. Dielektrik cair akan mengisi

volume ruang yang harus diisolasi dan secara simultan akan mendisipasikan panas yang timbul secara konveksi.

2.3. Kegagalan Isolasi Cair

Faktor-faktor yang mempengaruhi kegagalan isolasi antara lain adalah partikel padat, uap air dan gelembung gas. Karakteristik pada isolasi cairan berubah jika terdapat ketidakmurnian di dalamnya. Hal ini akan mempercepat terjadinya proses kegagalan [2].

Kegagalan isolasi cair dapat dibagi menjadi 4 jenis yaitu : kegagalan zat murni atau elektronik, kegagalan gelembung gas, kegagalan bola cair, dan kegagalan tak murnian padat [1].

Beban yang dipikul dielektrik disebut juga terpaan medan listrik.

Setiap dielektrik mempunyai batas kekuatan untuk memikul terpaan listrik. Jika terpaan listrik yang dipikulnya melebihi batas tersebut dan terpaan berlangsung lama, maka dielektrik akan menghantar arus atau gagal melaksanakan tugasnya sebagai isolator. Dalam hal ini dielektrik mengalami tembus listrik atau "breakdown".

Dalam prakteknya, keadaan udara saat pengujian tidak selulus amden gan keadaan standar. Oleh karena itu, hasil pengukuran pada keadaan udara sembarangan adalah sebagai berikut :

$$V_b = x V_s \dots \dots \dots (1)$$

di mana : V_b = Tegangan tembus sebenarnya

= Faktor koreksi udara

V_s = Tegangan tembus pada keadaan normal.

Faktor koreksi udara tergantung kepada suhu dan tekanan udara,

besarnya adalah sebagai berikut : $\delta =$

$$\frac{0,386 \times P}{273 + \theta} \dots \dots \dots (2)$$

di mana:

P = Tekanan udara (mmHg)

= Suhu ruang saat pengujian ($^{\circ}$ C)

2.4. Syarat Minyak Goreng Sebagai Isolasi Cair

Syarat minyak agar dapat sebagai isolasi cair yaitu: viskositas yang rendah untuk mempermudah sirkulasi, titik nyala yang tinggi untuk mencegah terjadinya kebakaran, bebas asam untuk mencegah karat dari tembaga dan kerusakan pada isolasi belitan, tidak bersifat korosif, tahan terhadap oksidasi, mempunyai kekuatan dielektrik (tegangan tembus) yang tinggi dan tidak bersedimen.

3. METODE PENGUJIAN

Pengujian tegangan tembus bolak-balik ini dilakukan di laboratorium Tegangan Tinggi, Politeknik Negeri Medan dengan tahapan pengujian yang dilakukan adalah :

3.1. Perancangan dan pembuatan bahan.

Adapun bahan yang dibutuhkan adalah:

a. Kotak Uji

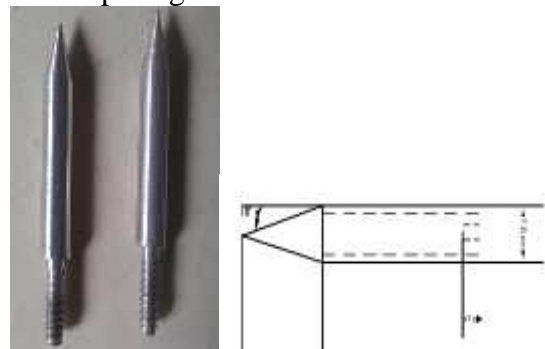
Kotak uji yang digunakan dalam pengujian ini terbuat dari bahan kaca dengan berukuran panjang 10 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 15 cm dan posisi kotak uji vertikal. Kotak uji digunakan untuk meletakkan elektroda uji dan sebagai wadah isolasi cair yang dimasukkan dalam sistem untuk pengujian tegangan tembus. Gambar perancangan dan pembuatan kotak uji dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Kotak Uji

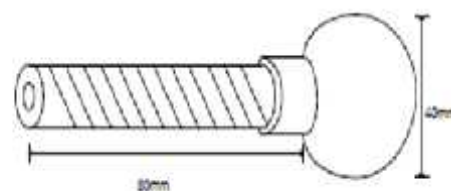
b. Elektroda Uji

Elektroda uji dibuat dari bahan aluminium yang berupa elektroda jarum dan bola. Elektroda jarum dibuat dengan panjang elektroda = 65 mm, diameter = 15 mm dan panjang ulir = 15 mm. Elektroda jarum dapat dilihat pada gambar berikut ini



Gambar 2. Elektroda Jarum

Elektroda bola dibuat berdiameter = 80 mm dengan panjang ulir = 40 mm. Elektroda bola yang dibuat dapat dilihat pada gambar berikut ini.





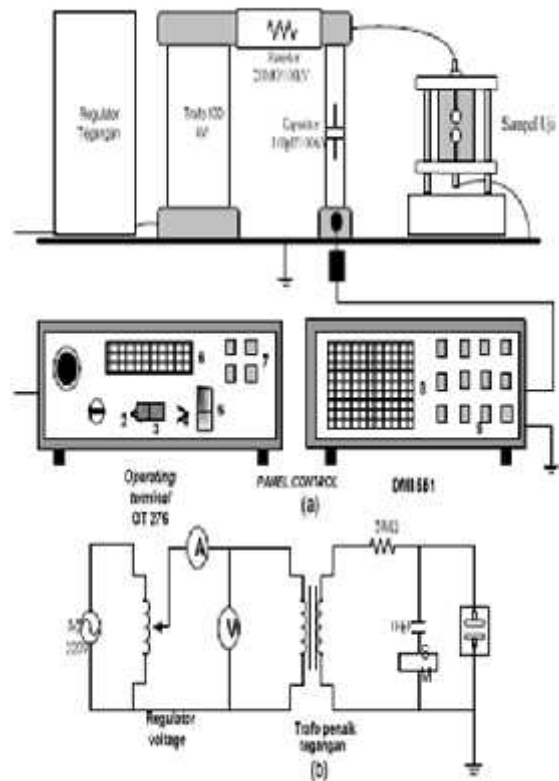
(3.b)
Gambar 3.a dan 3.b Elektroda Bola

c. Sampel Uji

Sampel uji yang digunakan adalah minyak goreng Sania dan SunCo. Minyak goreng Sania diproses dari buah kelapa sawit, tanpa bahan pengawet dengan 2 kali penyaringan yang mengandung vitamin E, omega 6 dan omega 9. Minyak goreng SunCo diproses dari buah kelapa sawit dengan 2 kali penyaringan dan 3 kali pemurnian, tidak melekat dan berbau, mengandung vitamin A, mempunyai sifat dan karakter seperti air yang mudah mengalir sehingga tidak menyangkut atau gatal di tenggorokan.

3.2. Merangkai peralatan

Peralatan yang dibutuhkan adalah: regulator tegangan, trafo daya, kapasitor tegangan tinggi, panel kontrol, resistor, barometer, termometer, jangka sorong, sistem dan tongkat pbumian serta kabel tegangan tinggi. Rangkaian keseluruhan dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4. Rangkaian Keseluruhan

3.3. Melakukan pengujian dan analisa

Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali untuk setiap ukuran dan sampel. Kemudian didapat V_s dengan $t=31^{\circ}\text{C}$ dan $P=760\text{ mmHg}$ dandengan menggunakan persamaan (1) diperoleh $\delta = 0,97$ danselanjutnya menggunakan persamaan (2) sehingga hasilnya dapatdilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Pengujian Tegangan Tembus Minyak Goreng Sania dengan Elektroda Jarum

Is (mA)	s (mm)	Vs (kv)	Vb (kv)	Ket.
1,2	5	17,4	16,9	Ada percikan api dan suaramend esis

	10	18	17,5	Ada percikan api dan suaramendesis
	15	18,6	18	Ada percikan api dan suaramendesis
1,6	5	23,6	22,9	Ada percikan api dansuaramendesis
	10	24	23,3	Ada percikan api dansuaramendesis
	15	24,4	23,7	Ada percikan api dansuaramendesis

Tabel 2.Pengujian Tegangan TembusMinyak Goreng SunCo denganElektroda Jarum

Is (mA)	s (mm)	Vs (kV)	Vb (kv)	Ket.
1,2	5	16	15,5	Ada percikanap idansuara mendesis
	10	16,6	16,1	Ada percikanap i dansuaram endesis
	15	17,4	16,9	Ada percikanap idansuara mendesis
1,6	5	23	22,3	Adapercik anapi dansuaram endesis
	10	23,6	22,9	Ada percikanap i dansuaram endesis
				Ada percikanap idansuara

	15	24,2	23,5	mendesis
--	----	------	------	----------

Tabel 3.Pengujian Tegangan TembusMinyak Goreng Sania denganElektroda Bola

Is (mA)	s (mm)	Vs (kv)	Vb (kv)	Ket.
1,2	5	17,2	16,7	Tidak adapercikapi, adasuaram endesis
	10	17,6	17,1	Tidakadapercikanapi, adasuaram endesis
	15	18	17,5	Tidakadapercikanapi, adasuaram endesis
1,6	5	22,6	21,9	Tidak adapercikapi, adasuaram endesis
	10	23	22,3	Tidakadapercikanapi, adasuaram endesis
	15	23,4	22,7	Tdkadaper cikanapi, adasuaram endesis

Tabel 4.Pengujian Tegangan TembusMinyak Goreng SunCo denganElektroda Bola

Is (mA)	s (mm)	Vs (kv)	Vb (kv)	Ket.
1,2	5	15,8	15,3	Tidak ada percikan api, ada suaramendesis
	10	16,2	15,7	Tidak ada percikanap i dansuaram endesis

	15	16,6	16,1	Tidak ada percikan api dan suara mendesis
1,6	5	22,2	21,5	Tidak ada percikan api dan suara mendesis
	10	22,6	21,9	Tidak ada percikan api dan suara mendesis
	15	23,2	22,5	Tidak ada percikan api dan suara mendesis

di mana :

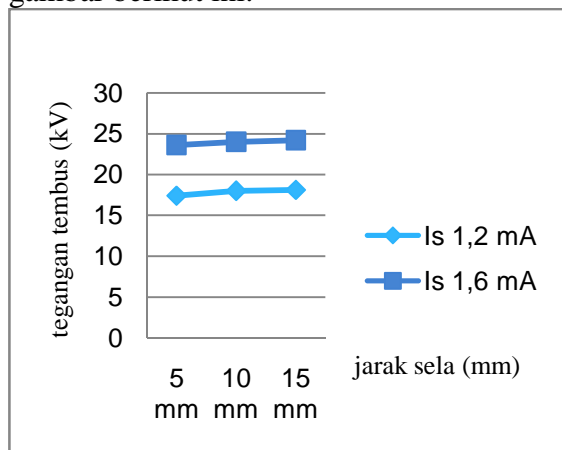
I_s = arus sekunder trafo

s = jarak sela elektroda

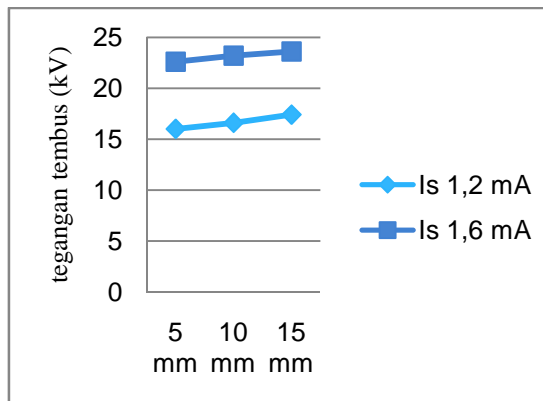
V_s = tegangan tembus pada keadaan normal

V_b = tegangan tembus sebenarnya.

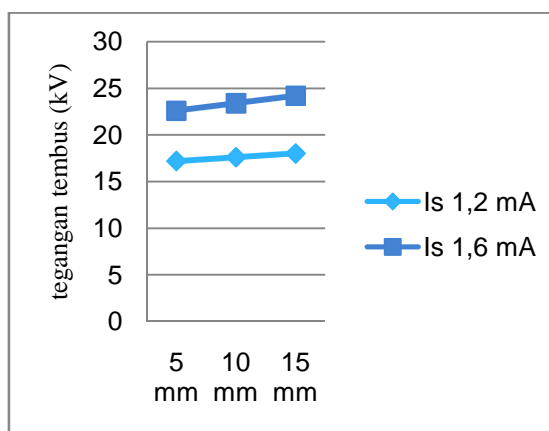
Grafik dari tiap tabel dapat dilihat pada gambar berikut ini.



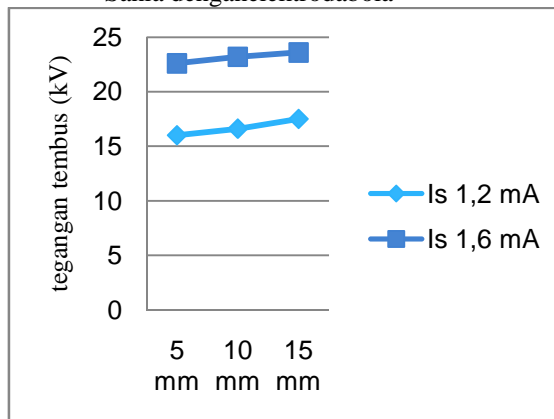
Gambar 5. Grafik tegangan tembus minyak goreng Sania dengan elektrodajarum



Gambar 6. Grafik tegangan tembus minyak goreng SunCo dengan elektrodajarum



Gambar 7. Grafik tegangan tembus minyak goreng Sania dengan elektrodabola



Gambar 8. Grafik tegangan tembus minyak goreng SunCo dengan elektrodabola

Dari grafik, dapat dilihat bahwa semakin besar jarak sela, maka tegangan tembus minyak goreng juga akan semakin besar. Jika jarak antara elektroda bidang semakin jauh,

makkuatmedanlistriksemakinkecilsehinggaen
ergi yang
dibutuhkanelektronkurangmencukupiuntukmel
epaskandiridariikatannya. Padajaraksela yang
besarakan sulit untuk mencapaiterjadinyakegaga
lanpadaminyak
gorengsehingga nilaitegangantembusjugasemak
inbesar.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari
pengujian ini adalah:

Nilaitegangantembuspadaminyakgoreng
Saniadanminyak gorengSunCo
meningkatseiringdengantambahnya arus
sekundertransformator
danjarakselaantarelektroda.

Tegangantembusbolak-balik yang
sebenarnyauntukminyakgoreng
merkSaniapadaelektrodajarumdenganjaraksela
5 mm, 10 mm, 15 mmdanIs = 1,6
mA adalah 22,9 kv, 23,3kv,
23,7kvdanpadaelektroda bola dengan Is dan s
yangsamadiperolehtegangantembusebenarnya
sebesar 21,9kv, 22,3 kv, 22,7 kv.

Tegangan tembus bolak-balik yang
sebenarnya untuk minyak goreng merk SunCo
pada elektrodajarum denganjarak sela 5 mm,
10 mm, 15 mm danIs = 1,6 mA adalah 22,3
kv, 22,9 kv, 23,5 kv dan pada elektroda bola
dengan Is dan s yang sama diperoleh
tegangantembus sebenarnya sebesar 21,5 kv,
21,9 kv, 22,5 kv.

Tegangantembusbolak-balikminyakgoreng
merk Sania pada elektrodajarum dengan Is
sebesar 1,2 mA danjaraksela 5mm, 10 mm, 15
mm adalah 16,9 kv, 17,5 kv, 18 kv dan
padaelektroda bola dengan Is dan s yang sama
diperoleh tegangan tembus sebesar 16,7kv,
17,1kv, 17,5 kv.

Tegangantembusbolak-balik yangsebenarnya
untuk minyak goreng merk SunCo pada
elektroda jarum dengan jarak sela 5 mm, 10
mm, 15 mm danIs = 1,2 mA adalah 15,5 kv;
16,1 kv;16,9 kv dan pada elektroda bola
denganIs dan s yang sama diperoleh

tegangantembus sebenarnya sebesar 15,3
kv;15,7 kv; 16,1 kv.

Tegangantembusbolak-balikpadaelektroda
jarum lebih besar dari padaelektroda bola.
Padasaatsebelummengalamitegangantembus,
fenomena yang
terjadiberupasuaramendesisakibattekanandarit
umbukanelektron.

Fenomenapada
saatterjaditegangantembusadalah
munculpercikanapi(bungaapi).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada Tim
Jurnal Inovtek Polbeng yang
telah menerbitkan artikel ini pada *e-jurnal Inovtek*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kurrahan. H.T., & Abduh, S., "Studi Tegangan Tembus Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Transformator Daya", *Jurnal Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti*. 2016
- [2] Purba, Rendy K, "Karakteristik Tegangan Tembus Arus Bolak-Balik Pada Minyak Jarak Pagar Sebagai Alternatif Isolasi Cair", *Jom F. Teknik*, Vol. 4 No. 2, hal. 1-11. 2017
- [3] Tobing, Bonggas, L. "Dasar-dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi Edisi Kedua, Penerbit Erlangga", Jakarta. 2012
- [4] Wibowo, W.K., Yuningtyastuti, & Syakur, A., "Analisis Karakteristik *Breakdown Voltage* Pada Dielektrik Minyak Shell Diala B Pada Suhu 30 ° C – 130 ° C", *Jurnal Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*. 2008
- [5] Wijaya, I.L., "Karakteristik Korona dan Tegangan Tembus Isolasi Minyak Pada Konfigurasi Elektroda Jarak-Plat", *Jurnal Teknik Elektro-FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya*. 2009