



TUGAS AKHIR - TE 141599

**ANALISIS TEGANGAN TEMBUS MINYAK CAMPURAN
SEBAGAI ISOLASI CAIR DENGAN ELEKTRODA
SETENGAH BOLA**

Aulia Irsyad
NRP 2210100022

Dosen Pembimbing
Dr. Eng. I Made Yulistya Negara ST, MSc.
Dr. Dimas Anton Asfani ST, MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh November
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TE 141599

**BREAKDOWN VOLTAGE ANALYSIS OF MIXED OIL AS
LIQUID ISOLATION WITH SPHERIC ELECTRODE**

Aulia Irsyad
NRP 2210100022

Advisor
Dr. Eng. I Made Yulistya Negara ST, MSc.
Dr. Dimas Anton Asfani ST, MT.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty Of Industrial Technology
Sepuluh November Institute Of Technology
Surabaya 2016

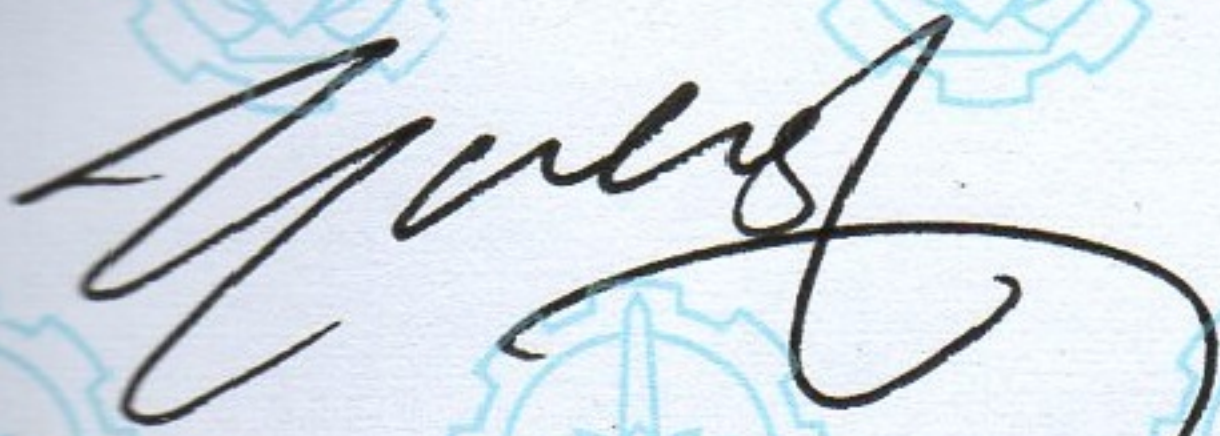
**ANALISIS TEGANGAN TEMBUS MINYAK CAMPURAN
SEBAGAI ISOLASI CAIR DENGAN ELEKTRODA
SETENGAH BOLA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I,



Dr. Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc.
NIP. 197007121998021001

Dosen Pembimbing II,



Dr. Dimas Anton Asfani, ST., MT.
NIP. 198109052005011002



ABSTRAK

Isolasi merupakan sifat suatu bahan yang dapat memisahkan dua penghantar atau lebih secara elektrik agar tidak terjadi lompatan listrik dari satu penghantar ke penghantar lainnya. Suatu media bersifat isolasi jika media tersebut dapat menahan nilai tegangan yang ada pada penghantar. Apabila media isolasi tidak dapat menahan nilai tegangan pada penghantar, maka akan terjadi lompatan listrik atau tembus yang lebih dikenal dengan peristiwa *breakdown*. Dalam situasi ini akan terjadi arus yang mengalir diantara penghantar, sehingga dapat dikatakan media isolasi telah gagal melaksanakan fungsinya sebagai isolasi. Salah satu jenis isolasi adalah isolasi cair, yakni pemisahan kedua penghantar dengan menggunakan media zat cair. Isolasi cair banyak digunakan sebagai media isolasi dan pendingin pada transformator daya, dengan media zat cair berupa minyak.

Minyak yang digunakan sebagai minyak trafo secara umum adalah minyak bumi yang diolah sedemikian rupa sehingga memiliki spesifikasi tertentu saat digunakan sebagai media isolasi cair. Sedangkan minyak bumi adalah bahan yang memiliki jumlah terbatas dan kurang ramah lingkungan pada proses pembuatannya. Oleh karena itu diperlukan alternatif pengganti minyak bumi, yakni minyak nabati sebagai media isolasi cair pada trafo. Minyak nabati yang digunakan adalah minyak jagung. Penggunaan minyak nabati sebagai media isolasi cair perlu dibuktikan terlebih dahulu dengan beberapa pengujian, diantaranya adalah pengujian tegangan tembus untuk mengetahui kelayakan dari minyak nabati sebagai media isolasi cair.

Kata kunci : Isolasi Cair, Tegangan Tembus, Minyak Campuran

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRACT

Isolation is the nature of a material that can separate two or more electrically conductive to prevent electrical jump from one conductor to another conductor. A media called isolation media if the media can withstand a voltage value that existed at the conductor. If the media can not withstand insulation voltage value at the conductor, there will be a leap of electricity or translucent better known as the breakdown events. In this situation there will be flowing current between the conductor, so that it can be said insulating media has failed to perform its function as insulation. One type of insulation is liquid insulation, the separation of the two conductors using liquid media. Liquid insulation is widely used as insulating and cooling medium in power transformers, with oil as liquid medium.

Oil used as transformer oil generally is oil that is processed in such a way so as to have certain specifications when used as a liquid insulating medium. While oil is a material that has limited quantities and less environmentally friendly manufacturing process. Therefore we need an alternative to oil, namely vegetable oil as the liquid insulation medium in transformer. Used vegetable oil is corn oil. The use of vegetable oil as the liquid insulation medium needs to be proven in advance with some testing, such as testing the breakdown voltage to determine the feasibility of vegetable oil as the liquid insulation medium.

Keywords : Liquid Isolation, Breakdown Voltage, Mixed oil

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kegiatan ini, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang bersifat penelitian ilmiah selama satu semester dan menghubungkannya dengan teori yang telah diperoleh dalam bangku perkuliahan selama delapan semester.

Buku Tugas Akhir ini dapat terselesaikan atas bantuan banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan kehidupan, kesehatan baik jasmani maupun rohani, dan senantiasa menuntun penulis menuju ke jalan yang benar.
2. Ayahku Jarwo Sanyoto, Ibuku Rini Maryantini dan saudaraku Khairul Ikhwan dan Hanif Shidki yang telah banyak memberikan dorongan, dalam hal spiritual maupun material dalam penyelesaian buku Tugas Akhir ini.
3. Bapak I Made Yulistya Negara selaku dosen pembimbing pertama serta Bapak Dimas Anton Asfani sebagai dosen pembimbing kedua yang telah banyak memberikan masukan dan juga arahan sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak-ibu dosen pengajar Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga atas pengajaran, bimbingan, serta perhatian yang diberikan selama ini.
5. Teman – teman : Aldi, Wildan, Mada, Tansyah, Fiko, Pangnur, Haris, atas waktu, ide – ide, semangat dan dukungan yang membuat penulis selalu termotivasi dan tetap menjaga api semangat untuk melanjutkan kuliah dan Tugas Akhir.
6. Teman – teman Marina yang senantiasa menemani : Wisnu, Oya, Ben, Luqman, dan teman – teman dekat penulis lainnya yang terus memotivasi dan menemani penulis sehingga terus bersemangat.
7. Seluruh rekan – rekan angkatan 2010, 2011 dan 2012 atas kebersamaan dan kerjasamanya selama ini. Khususnya pada teman – teman angkatan 2010. Kebersamaan kita tidak akan dilupakan.
8. Seluruh rekan – rekan asisten dan anggota Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi atas kerjasama, waktu, dan kebersamaan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.

9. Seluruh keluarga besar Teknik Elektro ITS, para dosen, karyawan, mahasiswa, juga rekan – rekan HIMATEKTRO atas dukungan, masukan, dan kerjasamanya selama masa perkuliahan dan proses pengerjaan Tugas Akhir.
10. Semua pihak yang ikut membantu penulis dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan Tugas Akhir yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Besar harapan penulis bahwa buku Tugas Akhir ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi mahasiswa Teknik Elektro ITS pada khususnya dan seluruh pembaca pada umumnya. Jika ada kesalahan, penulis mengharapkan adanya kritik, koreksi, serta saran yang membangun dari pembaca untuk pengembangan kearah yang lebih baik.

Surabaya, 16 Desember 2015

Penulis

TABLE OF CONTENT

Originality Statement Of Final Project.....	iii
Abstrak	vii
Abstract	ix
Preface	xi
Table of Content	xiii
Illustration	xv
Tables.....	xvii
Chapter 1 Introduction	1
1. 1. Background	1
1. 2. Problem	2
1. 3. Problem Boundaries	2
1. 4. Purposes	2
1. 5. Writing Systematics	3
Chapter 2 Dielectric Failure of Liquid Isolation	5
2. 1. Ac High Voltage Generation.....	5
2. 2. Dielectric Strength	5
2. 3. Flash Point.....	6
2. 4. Pour Point.....	7
2. 5. Liquid Isolation Failure Theories	7
2. 6. Corn Oil.....	8
2. 6. 1. Process of Corn Oil Making.....	10
2. 6. 2. Corn.....	13
2. 7. Synthetic Oil	14
2. 8. Testing Procedure.....	16
Chapter 3 Breakdown Voltage Methodology.....	19
3. 1. Study Method	19
3. 2. Test Preparation	20
3. 3. Testing and Observation.....	23
3. 4. Result Analysis.....	24
Chapter 4 Result and Analysis	27
4. 1. Test Preparation and Method	27
4. 2. Result Analysis.....	28
4. 2. 1. 100% Corn Oil	29
4. 2. 2. 70% Corn Oil and 30% Synthetic Oil	30
4. 2. 3. 50% Corn Oil and 50% Synthetic Oil	31
4. 2. 4. 30% Corn Oil and 70% Synthetic Oil	32

4. 2. 5. 100% Synthetic Oil.....	33
Chapter 5 Conclusion	35
5. 1. Conclusion	35
5. 2. Advices	36
Bibliography	37
Enclosure	39
Biography	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Minyak jagung yang digunakan pada pengujian.....	12
Gambar 3.1. Diagram alir metodologi.....	19
Gambar 3.2. Control box yang digunakan dalam pengujian	21
Gambar 3.3. Kotak uji yang digunakan dalam pengujian	22
Gambar 3.4. Pengujian minyak jagung.....	23
Gambar 3.5. Pengujian minyak campuran.....	24
Gambar 4.1. Grafik tegangan tembus minyak campuran	28
Gambar 4.2. Grafik hasil data minyak jagung 100%	30
Gambar 4.3. Grafik hasil data minyak campuran minyak jagung (70) : minyak sintesis (30)	31
Gambar 4.4. Grafik hasil pengujian dengan komposisi minyak jagung 50% dan minyak sintesis 50%	32
Gambar 4.5. Grafik hasil pengujian dengan komposisi minyak jagung 30% dan minyak sintesis 70%	33
Gambar 4.6. Grafik hasil pengujian dengan komposisi minyak sintesis 100%	34

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data Pengujian	28
Tabel 4.2. Minyak Jagung 100%	29
Tabel 4.3. Minyak Campuran Minyak Jagung (70) : Minyak Sintesis (30).....	30
Tabel 4.4. Minyak Campuran Minyak Jagung (50) : Minyak Sintesis (50).....	31
Tabel 4.5. Minyak Campuran Minyak Jagung (30) : Minyak Sintesis (30).....	32
Tabel 4.6. Minyak Campuran Minyak Sintesis (100%)	33

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Dalam studi sistem tenaga listrik terdapat salah satu cabang ilmu yang sangat berhubungan erat dengan penyaluran energi listrik itu sendiri, yakni teknik tegangan tinggi. Tegangan tinggi sangat erat dengan sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik, karena dengan tegangan yang lebih tinggi, maka arus yang melewati sistem menjadi lebih rendah. Ini diakibatkan oleh perhitungan rugi – rugi daya pada jaringan sistem transmisi adalah kuadrat arus dikalikan dengan impedansi jaringan transmisi. Maka apabila semakin tinggi arus maka rugi – rugi juga semakin tinggi, karena nilainya akan dikuadratkan pada perhitungan rugi – rugi daya. Oleh karena itu salah satu solusi permasalahan jaringan transmisi adalah dengan melewatkan jumlah daya yang sama dengan arus yang lebih kecil, yaitu dengan menaikkan level tegangan menjadi jauh lebih tinggi.

Komponen peralatan yang berperan besar dalam pembangkitan tegangan tinggi adalah transformator daya. Dalam peralatan transformator daya itu sendiri terdapat salah satu komponen yang sangat berpengaruh terhadap isolasi antar penghantar dalam transformator, yaitu minyak sebagai bahan dielektrik atau isolasi cair. Dalam hal ini bahan isolasi cair berfungsi sebagai pengisolasi dan sekaligus sebagai pendingin. Pada peralatan tegangan tinggi khususnya transformator daya, isolasi sangat diperlukan untuk memisahkan dua atau lebih penghantar listrik yang bertegangan sehingga antara penghantar-penghantar tersebut tidak terjadi lompatan atau percikan listrik. Apabila tegangan yang diterapkan mencapai tingkat ketinggian tertentu maka bahan isolasi tersebut akan mengalami pelepasan muatan yang merupakan bentuk kegagalan listrik. Apabila dibiarkan dapat mengakibatkan terjadinya kegagalan isolasi yang buruk bagi trafo.

Hingga saat ini, kebanyakan trafo menggunakan isolasi cair yang bahan utamanya merupakan hasil olahan minyak bumi [11]. Isolasi cair yang berasal dari minyak bumi kurang ramah lingkungan. Ada dua alasan yang harus dipertimbangkan dalam rangka mencari alternatif isolasi cair ramah lingkungan diantaranya proses degradasi biologis dan persediaan dari minyak itu sendiri. Minyak bumi sulit terdegradasi secara biologis dan memiliki persediaan yang terbatas pada persediaan tambang dalam

perut bumi. Oleh karena itu dibuatlah sebuah alternatif bahan isolasi cair yang bahan utamanya dari minyak nabati. Dengan minyak nabati, bahan isolasi cair akan mudah terdegradasi secara biologis, sehingga lebih ramah lingkungan. Persediaan minyak nabati juga dapat dikatakan sangat melimpah, karena berasal dari tumbuhan dan di sisi lain harganya juga lebih terjangkau. Minyak nabati yang dimaksud adalah minyak jagung.

Penggunaan minyak nabati sebagai isolasi cair perlu dibuktikan terlebih dahulu dengan cara dilakukan pengujian. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tegangan tembus dengan standar yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan variasi campuran minyak jagung dan minyak sintetis, minyak jagung murni dan minyak sintetis murni. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh minyak jagung dan minyak campuran terhadap tegangan tembus dengan sumber tegangan AC.

1. 2. Rumusan Permasalahan

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah :

- a. Bagaimana pengaruh minyak jagung dan minyak campuran, yaitu minyak jagung yang dicampur dengan minyak sintetis terhadap nilai tegangan tembus.
- b. Mencari nilai komposisi campuran terbaik, yaitu minyak campuran dengan nilai tegangan tembus yang terbaik.

1. 3. Batasan Masalah

Dalam penyelesaian masalah dalam Tugas Akhir ini terdapat beberapa batasan – batasan permasalahan, yaitu :

- a. Minyak nabati yang digunakan adalah minyak jagung.
- b. Minyak sintetis yang digunakan adalah minyak trafo
- c. Elektroda yang digunakan adalah elektroda setengah bola dengan jarak sela 2,5mm.
- d. Pembangkitan tegangan yang dilakukan adalah pembangkitan tegangan tinggi AC.

1. 4. Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa hasil pengujian tegangan tembus minyak jagung dan campuran.
2. Mengetahui kelayakan minyak jagung dan minyak campuran sebagai isolasi cair.

3. Mencari nilai komposisi terbaik minyak campuran yang memiliki nilai tegangan tembus terbaik.

1. 5. Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini dibagi menjadi lima bab yang dibagi menjadi lima bagian yaitu BAB I yang terdiri dari pendahuluan, BAB II yang berisi landasan teori, BAB III mengenai metodologi penelitian mengenai *breakdown voltage*, BAB IV berisikan hasil pengujian dan analisis, dan terakhir BAB V sebagai penutup. Pada BAB I terdapat berbagai poin yaitu antara lain latar belakang, tujuan, dan sistematika penulisan. Pada BAB II akan dibahas mengenai teori-teori penunjang yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini. BAB III akan dijelaskan mengenai metodologi serta alat-alat apa saja yang digunakan dalam pengujian *breakdown voltage*. Pada BAB IV berisikan pembahasan mengenai data hasil pengujian yang telah dilakukan beserta analisis terhadap besar nilai tegangan dan arus yang dihasilkan suatu elektrode untuk mencapai tegangan pra-peluahan serta dampak kerusakan terhadap material elektrode akibat tegangan pra-peluahan. Untuk BAB V berisi kesimpulan dan saran dari hasil pengujian guna keperluan penelitian mengenai *breakdown voltage* selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

KEGAGALAN DIELEKTRIK PADA ISOLASI CAIR

2. 1. Pembangkitan Tegangan Tinggi AC

Untuk pengujian tegangan tembus digunakan tegangan tinggi AC untuk membangkitkan tegangan tinggi arus bolak balik. Trafo uji yang digunakan adalah trafo satu fasa.

2. 2. Kekuatan Dielektrik

Pembawa muatan dalam gas yang terdiri dari elektron-elektron dan ion-ion sangat berpengaruh terhadap proses kegagalan dalam bahan isolasi gas. Karakteristik pembawa muatan pada gas dipengaruhi oleh pergerakan molekul. Pembawa muatan ini dapat bergerak bebas karena pengaruh dari medan listrik. Pembawa muatan pada gas dapat terbentuk melalui proses ionisasi. Saat terjadinya proses ionisasi, suhu disekitar elektrode akan naik secara bertahap. Kenaikan suhu ini diakibatkan oleh pergerakan termal sebuah molekul dalam gas yang tak beraturan. Kekuatan dielektrik ini tergantung pada sifat atom dan molekul cairan itu sendiri. Suatu dielektrik tidak mempunyai elektron-elektron bebas. Misalnya suatu dielektrik ditempatkan diantara dua elektroda kemudian elektroda diberi tegangan, maka akan timbul medan listrik di dalam dielektrik. Medan listrik ini akan memberi gaya kepada elektron-elektron agar terlepas dari ikatannya dan menjadi elektron bebas. Maka dapat dikatakan bahwa medan listrik merupakan suatu beban yang menekan dielektrik agar berubah sifat menjadi konduktor. 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 fungsinya sebagai isolator. Dalam hal ini dielektrik mengalami tembus listrik atau *breakdown*.

Kekuatan dielektrik merupakan ukuran kemampuan suatu material untuk bisa tahan terhadap tegangan tinggi tanpa berakibat terjadinya kegagalan. Kekuatan dielektrik ini tergantung pada sifat atom dan molekul cairan itu sendiri. Namun demikian dalam prakteknya kekuatan dielektrik tergantung pada material dari elektroda, suhu, jenis tegangan yang diberikan, gas yang terdapat dalam cairan dan sebagainya yang

dapat mengubah sifat molekul cairan. Dalam isolasi cairan kekuatan dielektrik setara dengan tegangan kegagalan yang terjadi.

2. 3. Flash Point [9]

Flash point adalah suhu yang paling rendah dimana minyak pelumas harus dipanaskan sebelum terjadi penguapan, ketika dicampur dengan udara akan menyala (terbakar) tetapi proses pembakarannya tidak berkelanjutan.

Titik nyala (flash point) dari suatu cairan bahan bakar adalah temperatur minimum fluida pada waktu uap yang keluar dari permukaan fluida langsung akan terbakar dengan sendirinya oleh udara di sekelilingnya disertai kilatan cahaya. Titik nyala api (fire point) adalah temperatur di atas permukaan fluida pada waktu uap yang keluar akan terbakar secara kontinyu bila nyala api didekatkan padanya.

Titik nyala dapat diukur dengan jalan melewati nyala api pada pelumas yang dipanaskan secara teratur. Titik nyala merupakan sifat pelumas yang digunakan untuk prosedur penyimpanan agar aman dari bahaya kebakaran. Semakin tinggi titik nyala suatu pelumas berarti semakin aman dalam penggunaan dan penyimpanan. Metode standar untuk pengukuran titik nyala adalah ASTM D-92.

1. Bahan bakar cair yang mudah menyala (yang punya titik nyala dibawah 37.8 derajat Celcius dan tekanan uap tidak lebih dari 2.84 kg/cm²), terbagi:
 - a. Kelas IA, punya titik nyala dibawah 22.8 derajat Celcius dan titik didih dibawah 37.8 derajat Celcius
 - b. Kelas IB, punya titik nyala dibawah 22.8 derajat Celcius dan titik didih sama atau diatas 37.8 derajat Celcius
 - c. Kelas IC, punya titik nyala sama atau diatas 22.8 derajat Celcius dan titik didih dibawah 60 derajat Celcius
2. Bahan bakar cair mudah terbakar (yang punya titik nyala sama atau diatas 37.8 derajat Celcius, terbagi:
 - a. Kelas IIA, punya titik nyala sama atau diatas 37.8 derajat Celcius dan titik didih dibawah 60 derajat Celcius
 - b. Kelas IIB, punya titik nyala sama atau diatas 37.8 derajat Celcius dan titik didih dibawah 93 derajat Celcius
 - c. Kelas IIC, punya titik nyala sama atau diatas 93 derajat Celcius. Temperatur terendah di mana campuran senyawa dengan udara pada tekanan normal dapat menyala setelah ada suatu inisiasi, misalnya dengan adanya percikan api. Titik nyala dapat diukur

dengan metoda wadah terbuka (Open Cup /OC) atau wadah tertutup (Closed cup/CC). Nilai yang diukur pada wadah terbuka biasanya lebih tinggi dari yang diukur dengan metoda wadah tertutup

2. 4. Pour Point [10]

Pour point adalah merupakan salah satu properti yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar, dimana minyak tersebut masih dapat mengalir karena beratnya sendiri. Pour point sangat penting karena menyangkut kemampuan dari minyak untuk dapat mengalir dalam saluran pembakaran dan dalam hubungannya dengan waktu penyalan mesin pada musim dingin.

2. 5. Teori Kegagalan Isolasi Cair [3]

Karakteristik pada isolasi cair akan berubah jika terjadi ketidakmurnian di dalamnya. Hal ini akan mempercepat terjadinya proses kegagalan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kegagalan isolasi antara lain adanya partikel padat, uap air dan gelembung gas. Teori kegagalan zat isolasi cair dapat dibagi menjadi empat jenis sebagai berikut:

1. Teori kegagalan Elektronik

Teori ini merupakan perluasan teori kegagalan dalam gas, artinya proses kegagalan yang terjadi dalam zat cair dianggap serupa dengan yang terjadi dalam gas. Oleh karena itu supaya terjadi kegagalan diperlukan elektron awal yang dimasukkan ke dalam zat cair. Elektron awal inilah yang akan memulai proses kegagalan. ini merupakan perluasan dari teori kegagalan pada gas, artinya proses kegagalan yang terjadi dalam dielektrik cair karena adanya banjir elektron pada gas. Pancaran medan elektron dari katoda di asumsikan bertabrakan dengan atom dielektrik cair. Jika energi medan yang dihasilkan dari tabrakan sudah cukup besar, sebagian elektron akan terlepas dari atom dan akan bergerak menuju anoda bersama dengan elektron bebas. Banjiran elektron ini serupa dengan peluahan yang terjadi pada gas dan peristiwa ini akan mengawali proses terjadinya kegagalan.

2. Teori kegagalan karena adanya gelembung gas

Kegagalan gelembung atau kavitasi merupakan bentuk kegagalan yang disebabkan oleh adanya gelembung-gelembung gas didalam isolasi cair. Gelembung-gelembung udara yang ada dalam cairan tersebut akan memanjang searah dengan medan. Hal ini disebabkan karena gelembung-gelembung tersebut berusaha membuat energi potensialnya minimum.

Gelembung gelembung yang memanjang tersebut kemudian akan saling sambung-menyambung dan membentuk jembatan yang akhirnya akan mengawali proses kegagalan.

Ketidakmurnian misalnya gelembung udara mempunyai tegangan gagal yang lebih rendah dari zat cair, disini adanya gelembung udara dalam cairan merupakan awal dari pencetus kegagalan total dari pada zat cair. Kegagalan gelembung merupakan bentuk kegagalan isolasi cair yang disebabkan oleh gelembung gelembung gas didalamnya.

3. Teori kegagalan tak murnian padat

Kegagalan tak murnian padat adalah jenis kegagalan yang disebabkan oleh adanya butiran zat padat (partikel) di dalam isolasi cair yang akan memulai terjadi kegagalan. Partikel debu atau serat selulosa yang ada disekeliling isolasi padat (kertas) seringkali ikut tercampur dengan minyak. Selain itu partikel padat ini pun dapat terbentuk ketika terjadi pemanasan dan tegangan lebih. Pada saat terjadi medan listrik, partikel – partikel ini akan terpolarisasi dan membentuk jembatan. Arus akan mengalir melalui jembatan dan menghasilkan pemanasan local serta menyebabkan terjadinya kegagalan.

4. Teori kegagalan bola cair

Jika suatu zat isolasi mengandung sebuah bola cair dari jenis cairan lain, maka dapat terjadi kegagalan akibat ketakstabilan bola cair tersebut dalam medan listrik. Medan listrik akan menyebabkan tetesan bola cair yang tertahan di dalam minyak yang memanjang searah medan dan pada medan yang kritis tetesan ini menjadi tidak stabil. Setelah menjadi tidak stabil bola air akan memanjang, dan bila panjangnya telah mencapai dua pertiga celah elektroda maka saluran saluran lucutan akan timbul sehingga kemudian kegagalan total akan terjadi. air dan uap terdapat pada minyak, terutama pada minyak yang telah lama digunakan. Jika terdapat medan listrik, maka molekul uap air yang terlarut memisah dari minyak dan terpolarisasi membentuk suatu dipole. Jika jumlah molekul molekul uap air ini banyak, maka akan tersusun semacam jembatan yang menghubungkan kedua elektroda, sehingga terbentuk suatu kanal peluahan. Kanal ini akan merambat dan memanjang sampai terjadi tembus listrik.

2. 6. Minyak Jagung [8]

Minyak Biji jagung mengandung 4.5% minyak, sebagian besar (85%) pada lembaga. Cara memperoleh minyak jagung adalah dengan cara pengepresan mekanik dan ekstraksi dengan pelarut. Lembaga yang

dihasilkan dari proses penggilingan kering mengandung 25 – 30 % minyak, sedangkan dari penggilingan basah 45 – 50 %. Minyak dari lembaga dikeluarkan dengan proses pengepressan mekanik dan atau ekstraksi pelarut.

Pengepressan mekanik menggunakan ekspeller ulir biasanya memisahkan sekitar 80 % minyak. Minyak yang tertinggal pada ampas masih dapat diambil dengan ekstraksi pelarut heksan. Minyak yang dihasilkan dari lembaga penggilingan kering biasanya lebih baik dibandingkan dengan dari lembaga penggilingan basah karena lebih pucat dan lebih sedikit yang hilang selama proses pemurnian. Hasil proses pengepressan atau ekstraksi pelarut disebut minyak kasar. Minyak kasar merupakan campuran trigliserida, asam lemak bebas, fosfolipid, sterol, tokoferol, lilin dan pigmen.

Sebelum digunakan, minyak kasar perlu dimurnikan untuk memisahkan komponen yang tidak dikehendaki (asam lemak bebas, fosfolipid, pigmen, komponen aroma dan citarasa). Tahap-tahap pemurnian minyak kasar adalah deguming, netralisasi (penghilangan asam lemak bebas), bleaching (pemucatan), dan deodorisasi (penghilangan aroma). Minyak jagung banyak digunakan sebagai minyak goreng, minyak salad dan margarin. Proses pemurnian minyak terdiri dari degumming (memisahkan fosfatida), pencucian alkali (memisahkan asam lemak bebas, fosfatida, warna), pemucatan (memisahkan pigmen, fosfolipid), winterisasi (memisahkan lilin) dan deodorisasi (memisahkan asam lemak bebas, aldehida, keton, komponen lain).

Minyak jagung merupakan sumber asam lemak tidak jenuh seperti asam linoleat dan linolenat. Kedua asam lemak essensial ini dapat berperan menurunkan kadar kolesterol darah dan menurunkan risiko serangan jantung ukoroner. Minyak jagung mengandung tokoferol (vitamin E). Asam Oleat merupakan asam lemak tak jenuh yang banyak dikandung dalam minyak jagung. Asam ini tersusun dari 18 atom C dengan satu ikatan rangkap di antara atom C ke-9 dan ke-10. Selain dalam Minyak Jagung (55-80%), asam lemak ini juga terkandung dalam miyak jarak.

2. 6. 1. Cara-cara pembuatan minyak jagung

1. Degumming

Degumming dilakukan dengan cara minyak dipanaskan pada suhu 71-82o C dengan penambahan tanah diatomae, ditambah air (1-3%), kemudian disentrifugasi dan dikeringkan dengan alat pengering vakum.

2. Pemurnian (netralisasi)

Pemurnian dilakukan dengan cara penambahan NaOH atau KOH. Reaksi yang terjadi adalah: R-CO-OH (asam lemak bebas)+ NaOH R-CO-O-Na (sabun) + H₂O Sabun dipisahkan dengan sentrifugasi. Efektivitas pemisahan sabun tergantung pada perbedaan densitas sabun dan minyak, suhu (semakin tinggi suhu maka pemisahan semakin baik), viskositas, besarnya gaya sentrifugal dan lama proses sentrifugasi. Jika ada sabun yang tersisa, maka minyak dipanaskan sampai 82o C, kemudian ditambah air lunak 93o C (15% dari minyak) sehingga sabun akan larut dalam air, dan minyak kemudian dipisahkan dari air.

3. Pemucatan

Pemucatan dilakukan untuk memisahkan pigmen dan sabun yang tersisa. Minyak ditambah bleaching clay (aluminium silikat) kemudian dipanaskan pada suhu 105o C dalam keadaan vakum, sehingga air akan menguap dan pigmen serta sabun akan diserap clay filtrasi dengan tanah diatomae.

4. Pemisahan lilin (wintwerisasi)

Wintwerisasi dilakukan dengan cara minyak didinginkan pada suhu kurang dari 4o C dan disaring dengan tanah diatomae. Jika minyak akan dihidrogenasi, winterisasi tidak diperlukan.

5. Deodorisasi

Deodorisasi dilakukan untuk memisahkan komponen volatil (tokoferol, viterol, asam lemak bebas, gas terlarut, dan komponen cita rasa). Minyak dipanaskan pada suhu 232 C pada keadaan vakum kemudian uap air panas disemprotkan. Untuk mengikat logam dapat ditambahkan dengan asam sitrat. Minyak jagung merupakan minyak yang kaya akan asam lemak tidak jenuh, yaitu asam linoleat dan linolenat. Kedua asam lemak tersebut dapat menurunkan kolesterol darah dan menurunkan resiko serangan jantung koroner. Minyak jagung juga kaya akan tokoferol (Vitamin E) yang berfungsi untuk fungsi stabilitas terhadap ketengikan. Didalam minyak jagung terdapat vitamin-vitamin yang terlarut yang dapat digunakan juga sebagai bahan non-pangan yaitu obat-obatan. Minyak jagung dapat digunakan sebagai alternatif untuk

pengecahan penyakit jantung koroner. Tetapi pemanfaatan jagung di Indonesia untuk di produksi menjadi minyak jagung masih rendah.

Sifat yang stabil dan mudah di padatkan yang dimiliki oleh minyak jagung memberikan keuntungan bagi produsen untuk mendiversifikasi atau mengembangkan minyak jagung ke dalam bentuk lain bukan hanya dalam bentuk cair saja. Walaupun minyak jagung memiliki kestabilan oksidasi yang lebih tinggi di bandingkan minyak kelapa sawit tetapi para peneliti masih terus meneliti cara

meningkatkan kestabilan oksidasi dengan cara hidrogenasi parsial, hidrogenasi parsial efektif digunakan untuk meningkatkan stabilitas oksidatif. Di daerah Cina

minyak jagung sudah menjadi minyak goreng yang komersial selain minyak lobak dan minyak biji kapas. Dilihat dari komposisi yang terdapat pada minyak jagung dapat digunakan sebagai minyak yang mengandung asam lemak jenuh yang tinggi yang apabila di konsumsi dengan kadar tertentu tidak interndengan tubuh. Berdasarkan kandungan dari minyak jagung, banyak orang memilihnya karena dalam minyak jagung tidak terdapat kandungan karbohidrat dan mengandung protein dan vitamin, terutama vitamin E. Selain itu pada dasarnya, minyak jagung terdiri dari asam lemak tak jenuh dan terdapat sejumlah kalori yang berasal dari lemak tersebut, tidak seperti jenis minyak lainnya, di dalam minyak jagung ini tidak ditemukannya kandungan mineral yang berupa zat besi ataupun kalsium. Manfaat minyak jagung dari sisi kesehatan yaitu, minyak jagung mengandung lemak tak

jenuh dalam jumlah yang sangat tinggi. Lemak tersebut berupa Monounsaturated fats dan Polyunsaturated fats berguna membantu mencegah masalah jantung, mengontrol kadar kolesterol dalam darah, sekaligus dapat mencegah mengurangi resiko kardiovaskular, serangan jantung dan juga stroke. Manfaat lain yaitu, minyak jagung mengandung lemak trans dalam jumlah sedikit. Lemak trans sendiri merupakan lemak jahat penyebab utama beragam penyakit kardiovaskular dan meningkatkan potensi serangan jantung, selain itu juga dapat memicu tumbuhnya sel kanker payudara. Manfaat lainnya, yaitu minyak jagung mengandung

Vitamin E dalam jumlah yang sangat tinggi, dimana hal ini menguntungkan bagi tubuh manusia, karena kandungan antioksidan mampu mencegah dan memperlambat proses penuaan dini serta menangkal radikal bebas dan kemampuannya dalam meningkatkan kekebalan tubuh. Pemberian minyak jagung yang mengandung lebih

banyak asam lemak tak jenuh dapat mengurangi kenaikan kadar kolestrol, trigliserida, LDL dan menaikkan kadar HDL. Hal ini disebabkan salah satu faktor yang dapat menurunkan kolesterol darah adalah mengganti asam lemak jenuh dengan asam lemak ikatan rangkap banyak. Adapun berbagai macam

komposisi pemberian minyak jagung beserta manfaatnya yaitu penggantian minyak kelapa 75 % (9,375 ml) dengan minyak jagung dapat mengurangi kenaikan kadar kolesterol dan LDL darah kelinci ($p < 0,05$). Sedangkan komposisi yang kedua dengan penggantian minyak kelapa 100 % (12,5 ml) dengan minyak jagung dapat mengurangi kenaikan kadar kolesterol, LDL, trigliserida dan menambah kenaikan kadar HDL darah kelinci ($p < 0,05$). Berdasarkan kedua macam komposisi yang ada yang paling baik digunakan dengan penggantian 100% karena selain menurunkan kadar kolestrol dalam darah juga menurunkan LDL dalam tubuh.



Gambar 2.1. Minyak jagung yang digunakan pada pengujian

2. 6. 2. Jagung [7]

Jagung termasuk tanaman berumah satu (Monoecioes) dan tergolong dalam famili rumput-rumputan (Gramineae). Tanaman ini berasal dari daratan Amerika dan menyebar ke daerah sub-tropis dan tropis termasuk Indonesia. Saat ini, negara-negara yang memiliki lading jagung yang luas adalah Amerika Serikat, Brasil, Cina, Mexico, Yugoslavia, Rumania, Argentina dan Afrika Selatan.

Berdasarkan bentuk biji dan kandungan endospermnya, jagung dikelompokkan menjadi tujuh jenis. Jenis atau tipe jagung di Amerika Serikat adalah :

- (1) Jagung gigi kuda (*Zea mays indentata*),
- (2) Jagung mutiara (*Zea mays indurata*),
- (3) Jagung bertepung (*Zea mays amylacea*),
- (4) jagung brondong (*Zea mays everta*),
- (5) Jagung manis (*Zea mays saccharata*),
- (6) Jagung berlilin (*Zea mays ceratina*) dan
- (7) Jagung polong (*Zea mays aunicula*).

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan tanaman yang berasal dari daratan Amerika kemudian menyebar ke daerah subtropik dan tropik termasuk Indonesia. Jagung merupakan tanaman berumah satu (monoecioes) dan termasuk famili rumput-rumputan (Gramineae).

Tongkol jagung merupakan gudang penyimpanan cadangan makanan. Tongkol ini bukan hanya tempat pembentukan lembaga tetapi juga merupakan tempat menyimpan pati, protein, minyak/lemak dan hasil-hasil lain untuk persediaan makanan dan pertumbuhan biji. Panjang tongkol bervariasi antara 8-42 cm dan biasanya dalam satu tongkol mengandung sekitar 300-1000 biji jagung. Biji jagung berbentuk bulat-bulat atau gigi kuda bergantung varietasnya. Warna biji jagung juga bervariasi dari putih sampai dengan kuning. Jagung kuning lebih banyak ditemukan dibandingkan dengan jagung putih. Jagung mempunyai beberapa subspecies yaitu :

1. Soft Corn (*Zea mays amylacea*)

Jagung ini disebut juga jagung tepung. Jenis ini banyak ditanam di Amerika Serikat, Kolumbia, Peru, Bolivia, dan Afrika Selatan. Biji jagung ini hampir seluruhnya mengandung pati yang lunak.

2. Pod Corn (*Zea mays tunicate*)

Jagung ini mempunyai kulit yang menutupi bijinya, yang tidak terdapat pada jagung jenis lain. Dengan demikian maka jagung ini

menjadi tahan lama dan daya kecambahnya tetap baik. Jagung ini tidak ditanam di Indonesia.

3. Pop corn (*Zea mays everata*)

Pop corn atau jagung berondong mempunyai biji berbentuk agak runcing, kecil dan keras, berwarna kuning, atau putih. Kalau dibakar bijinya meletus. Tongkol jagung ini umumnya berukuran kecil.

4. Flint corn (*Zea mays indurate*).

Flint corn atau jagung mutiara memiliki ukuran biji sedang. Bagian atas biji jagung berbentuk bulat dan tidak berlekuk, serta hampir seluruhnya mengandung lapisan tepung yang keras. Biji jagung berwarna putih, kuning atau merah. Jagung ini agak tahan terhadap serangan hama bubuk, sehingga lebih tahan kalau disimpan. Di Indonesia jagung ini cukup disukai. Jagung ini banyak ditanam di Eropa, Asia, Amerika Tengah dan Amerika Selatan.

5. Dent corn (*Zea mays indentata*)

Dent corn disebut juga jagung gigi kuda, karena bentuknya seperti gigi kuda. Biji jagung jenis ini mempunyai lekukan pada bagian atas. Lekukan ini terjadi karena pengerutan lapisan tepung yang lunak ketika biji mengering. Jaung jenis ini umumnya kurang tahan terhadap hama bubuk.

6. Sweet Corn (*Zea mays sacharata*).

Sweet corn atau jagung manis mempunyai rasa yang manis dan bila dikeringkan bijinya menjadi keriput. Jagung jenis ini sering dipanen waktu masih muda untuk direbus atau dibakar.

7. Waxy corn (*Zea mays ceratina*).

Waxy corn memiliki biji yang menyerupai lilin. Molekul pati jagung jenis ini berbeda dari molekul pati jenis lain. Pati waxy corn mirip glikogen dan menyerupai tepung tapioka. Jagung jenis ini tidak ditanam di Indonesia, kebanyakan tersebar di Asia Timur antara lain Myanmar, Filipina, Cina sebelah Timur dan Mansuria. Jenis jagung yang banyak ditanam di Indonesia adalah jagung gigi kuda, jagung mutiara, jagung berondong dan jagung manis. Jenis jagung yang penting sebagai makanan pokok adalah jenis jagung gigi kuda dan jagung mutiara.

2. 7. Minyak Sintetis

Minyak sintetis terdiri dari senyawa kimia buatan. Minyak sintetis dapat diproduksi dengan menggunakan komponen minyak bumi yang dimodifikasi secara kimia daripada minyak mentah utuh, tetapi juga dapat disintesis dari bahan baku lainnya. Minyak sintetis digunakan sebagai

pengganti pelumas dari minyak bumi ketika beroperasi di temperatur yang ekstrem, minyak sintetis yang digunakan adalah minyak trafo. Minyak trafo merupakan bahan isolasi cair [12], minyak ini secara luas digunakan sebagai bahan dielektrik pada berbagai peralatan tenaga seperti transformator, circuit breaker, switchgear, kabel daya, dan lain-lain. Sebagai bahan dielektrik minyak trafo dapat berfungsi ganda. Fungsi utama adalah sebagai media isolasi diantara bagian-bagian yang mengandung beda potensial agar tidak terjadi lompatan listrik (flash-over), dan fungsi lainnya sebagai media pendingin pada trafo, kabel daya, atau sebagai media pemadam busur api pada circuit breaker. Minyak trafo mineral tersusun atas senyawa utama hidrokarbon yang terdiri atas senyawa hidrokarbon parafanik, senyawa hidrokarbon naftenik dan senyawa hidrokarbon aromatik. Selain ketiga senyawa itu masih mengandung senyawa tambahan zat aditif yang kandungannya kecil yang berguna untuk meningkatkan pengaruh oksidasi, penyerapan gas, dan sebagainya.

Ada beberapa alasan mengapa bahan isolasi cair secara luas digunakan pada beberapa peralatan yaitu diantaranya bahan isolasi cair memiliki kerapatan 1000 kali atau lebih dibandingkan bahan isolasi gas, sehingga memiliki kekuatan dielektrik yang lebih tinggi, bahan isolasi cair akan mengisi celah atau ruang yang akan diisolasi, bahan isolasi dapat menghilangkan panas yang timbul akibat rugi-rugi energi, dan bahan isolasi cenderung akan memperbaiki sifatnya jika terjadi pelepasan muatan. Bahan isolasi cair ideal adalah mempunyai nilai-nilai yang tinggi untuk kekuatan dielektrik, volume resistivitas, panas jenis, dan konduktivitasnya. Disamping itu bahan isolasi harus memiliki nilai-nilai yang rendah untuk faktor kerugian, kerapatan, dan kekentalan. Bahan isolasi cair juga harus memiliki sifat tidak menimbulkan korosi, tidak mudah menyala, tidak beracun, dan kestabilan kimia. Ketika bahan isolasi (bahan dielektrik) cair tersebut digunakan pada peralatan listrik maka bahan dielektrik tersebut akan dikenai tekanan baik berupa tekanan elektrik maupun panas. Setiap bahan dielektrik memiliki batas kekuatan untuk memikul tekanan elektrik. Jika tekanan elektrik yang dipikul oleh bahan dielektrik melampaui batas kemampuannya maka bahan dielektrik akan menghantarkan arus dan mengalami kegagalan sebagai isolator. Kemampuan bahan dielektrik untuk memikul tekanan elektrik tertinggi tanpa menimbulkan tembus listrik disebut kekuatan dielektrik. Adanya bahan-bahan material lain yang terkandung dalam bahan isolasi cair seperti oksigen, air, endapan, kotoran hasil

dekomposisi bahan padat, dapat menimbulkan degradasi kekuatan bahan dielektrik cair. Penurunan kekuatan dielektrik berdampak padapenurunan tingkat kegagalan isolasi. Pada minyak terpakai penurunan tingkat kegagalan isolasi harus dijaga agar tidak melebihi batas yang diizinkan. Pada transformator, minyak trafo berguna untuk menyekat diantara bagian-baglan yang memiliki beda potensial agar tidak menimbulkan loncatan listrik atau busur api. Disamping itu minyak trafo berguna juga sebagai media pendingin pada inti dan kumparan trafo akibat rugi-rugi energi, sehingga trafo dapat beroperasi secara optimal dengan efisiensi yang tinggi. Kemurnian minyak trafo merupakan har terpenting untuk menj aga kekuaran dielektrik minyak, namun pada prakteknya kemurnian minyak isolasi akan terganggu oleh berbagai penyebab seperti pada proses pernapasan trafo dimana udara lembab akan masuk kedalam minyak trafo sehingga menimbulkan gelembung-gelembung air, pemakaian trafo pada suhu tinggi pada waktu lama, menimbulkan penua, berakibat warna minyak menjadi lebih gelap dikarenakan pembentukan asam dan resin atau endapan. Sebagian besar asam dapat mengakibatkan korosi pada buganbagian transformator seperti pada bagian isolasi padat transformator atau bagan bagian metal transformator. Tumpukan tumpukan endapan atau kotoran pada inti, kumparan akan menurunkan sirkulasi minyak yang dapat menimbulkan penurunan transfer panas. Keberadaan zat-zat kontaminan seperti gelembung air, gerembung udara, gas terlarut, endapan-endapan atau kotoran-kotoran, debu, dan se bagainya pada minyak isolasi sudah tentu akan mengakibatkan degradasi kekuatan bahan isolasi minyak, sehingga menimbulkan penurunan tingkat tegangan kegagalan isolasi .

2. 8. Prosedur Pengujian

Prosedur pegujian yang harus diperhatikan sebelum melakukan pengujian isolasi cair menurut IEC 156 adalah:

a. Persiapan Sampling

Sebelum mengisi kotak uji, minyak harus dipanaskan untuk memastikan minyak tercampur dengan baik.

b. Pengisian Kotak Uji

Sebelum melaksanakan pengujian, bersihkan kotak uji, dinding-dindingnya, elektroda dan komponen lainnya. Kemudian tuang minyak kedalam kotak uji secara perlahan.

c. Pemberian Tegangan

Berikan tegangan pada elektroda dengan kenaikan yang seragam dimulai dari 0 V sampai sekitar 30 kV sampai timbul tegangan tembus

d. Pencatatan data

Lakukan 5 kali percobaan tembus pada kotak uji yang sama.

e. Laporan

Data yang dimasukkan dalam laporan adalah hasil dari nilai rata-rata dari 5 kali percobaan yang sudah dilakukan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

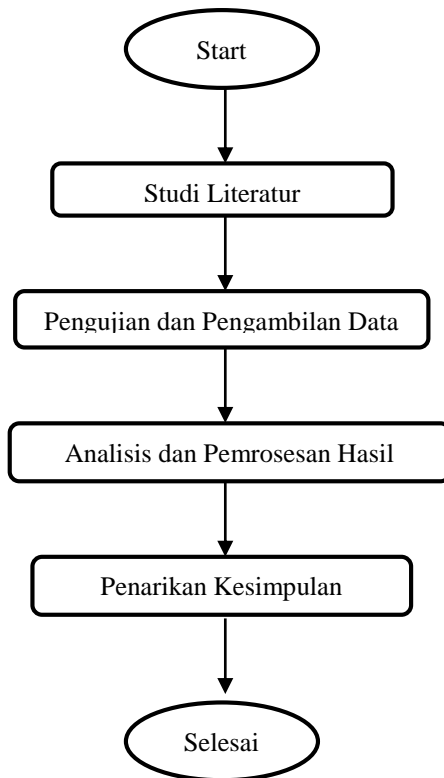
BAB 3

METODE PENELITIAN

MENGENAI TEGANGAN TEMBUS

3. 1. Metode Studi

Pada penulisan Tugas Akhir ini, studi terhadap tegangan tembus akan dilaksanakan dengan metodologi seperti pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1. Diagram alir metodologi

Seperti yang terlihat pada gambar 3.1, penulisan Tugas Akhir ini akan dimulai dengan melakukan studi literatur. Studi literatur yang dilakukan bertujuan untuk menambah pengetahuan dan wawasan mengenai pengujian tegangan tembus. Adapun proses studi literatur diambil berdasarkan jurnal-jurnal keilmiah internasional dan buku mengenai breakdown voltage. Setelah melakukan studi literatur tahap selanjutnya dari penulisan Tugas Akhir ini adalah menentukan desain penelitian. Pada tahap ini akan dilakukan perancangan percobaan mengenai tegangan tembus sesuai dengan permasalahan yang ingin dipecahkan.

Tujuan awal dari pemilihan judul Tugas Akhir ini adalah mengetahui pengaruh dari minyak jagung dan minyak campuran yang komposisinya terdiri dari minyak jagung dan minyak sintesis sebagai isolasi cair dengan menggunakan sumber tegangan AC. Setelah tahap menentukan desain penelitian, tahap selanjutnya dari penulisan Tugas Akhir ini adalah melakukan pengujian tegangan tembus. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan oleh universitas di Semarang, dengan menggunakan minyak kelapa murni nilai tegangan tembus didapatkan 29,17 kV pada jarak sela 2,5 mm. Elektrode yang digunakan pada pengujian pada Tugas Akhir ini disesuaikan dengan standar IEC 156 [3]. Elektrode yang digunakan pada pengujian Tugas Akhir ini elektrode setengah bola dan dengan jarak sela 2,5 mm. Setelah dilakukan pengujian, maka tahap selanjutnya adalah analisis dari data hasil pengujian. Pada tahap ini data-data yang didapat akan dianalisis berdasarkan dasar teori penunjang agar didapatkan suatu kesimpulan dari penulisan Tugas Akhir ini. Kesimpulan yang didapat diharapkan mampu memecahkan permasalahan dan dapat digunakan sebagai referensi terhadap pengujian tegangan tembus selanjutnya. Pembuatan laporan dilakukan setelah semua proses analisis dan penarikan kesimpulan selesai dilakukan.

3. 2. Persiapan Pengujian

Penulisan Tugas Akhir ini menggunakan beberapa peralatan listrik serta elektrode yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian tegangan tembus. Elektrode yang digunakan adalah elektrode setengah bola dari bahan jenis kuningan. Elektrode tersebut dalam pengujian nantinya akan dimasukkan ke dalam kotak uji yang berisi minyak jagung dan campuran. Pada pengujian Tugas Akhir ini elektrode setengah bola dipasang dengan jarak sela 2,5 mm. Pengujian yang dilakukan pada Tugas Akhir ini menggunakan pembangkitan tegangan tinggi AC.

Hal yang pertama kali dilakukan dalam pengujian ini adalah membuat rangkaian pembangkitan tegangan tinggi AC. Setelah rangkaian pengujian telah dipasang maka tahap selanjutnya adalah memasang elektrode yang akan diuji. Selanjutnya mulai lakukan pengujian dengan mengatur test method dari control box pada posisi AC. Jangan lupa tempatkan transformator pengatur tegangan pada kedudukan 0%. Pada bagian lain tempatkan master switch di bagian belakang pada kedudukan I. Langkah selanjutnya adalah putar saklar kunci kontak hingga tombol cendawan terangkat sedikit dan tarik kuncinya setelah itu. Tekan tombol warna hijau pada kiri bawah panel control box. Untuk mengatur tegangan yang diinginkan dapat dilakukan pada kVmeter. Bila sampai terdengar suara mendesis yang berarti telah muncul tegangan tembus. Tekan tombol berpendar merah yang ada pada bagian bawah panel depan untuk melakukan pemadaman instalasi.

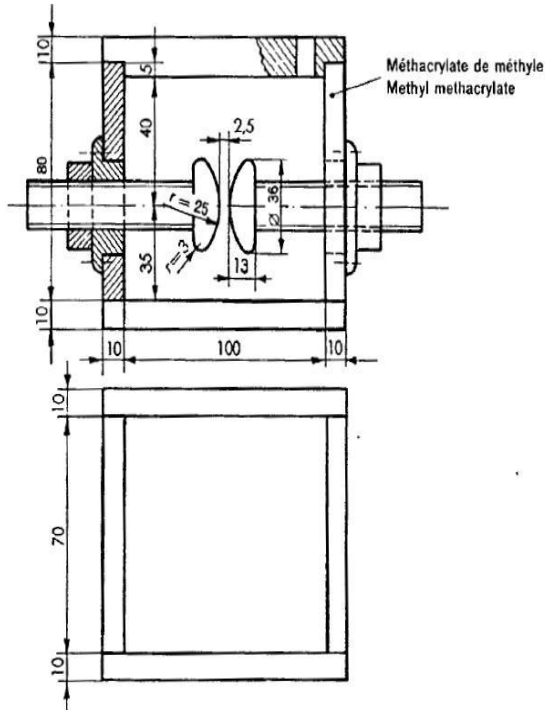


Gambar 3.2. Control box yang digunakan dalam pengujian

Control box yang digunakan dalam pengujian ini merupakan control box analog dengan nilai tegangan maksimal yang terukur sebesar 100 kV. Sedangkan nilai arus maksimal yang dapat dilihat pada control box ini adalah sebesar 40 A. Control box ini dapat dioperasikan secara AC maupun DC serta polaritasnya dapat diubah menjadi positif atau negatif.

Sumber referensi literatur yang digunakan oleh penulis meliputi jurnal keilmiah dan buku yang dirilis dalam skala nasional maupun internasional. Diharapkan dari proses studi literatur ini akan memunculkan gagasan dan gambaran awal mengenai breakdown voltage yang selanjutnya dapat diaplikasikan dalam proses pengambilan data.

Sumber literatur yang sudah dipelajari juga dapat digunakan dalam pengambilan kesimpulan dari data yang didapat pada proses pengujian.



Gambar 3.3. Kotak uji yang digunakan dalam pengujian.

Kotak uji yang digunakan dalam pengujian ini merupakan kotak uji horizontal. Seperti yang sudah dijabarkan diatas bahwa pengujian Tugas Akhir ini menggunakan elektrode setengah bola dari bahan jenis kuningan. Pada tahap ini penulis melakukan studi dan penambahan wawasan mengenai pengujian tegangan tembus. Studi yang dilakukan penulis meliputi apa saja yang dapat menyebabkan pengaruh. Sumber referensi literatur yang digunakan oleh penulis meliputi jurnal keilmiahan dan buku yang dirilis dalam skala nasional maupun internasional. Diharapkan dari proses studi literatur ini akan memunculkan gagasan dan gambaran awal mengenai pengujian tegangan tembus minyak campuran

yang selanjutnya dapat diaplikasikan dalam proses pengambilan data. Sumber literatur yang sudah dipelajari juga dapat digunakan dalam pengambilan kesimpulan dari data yang didapat pada proses pengujian.

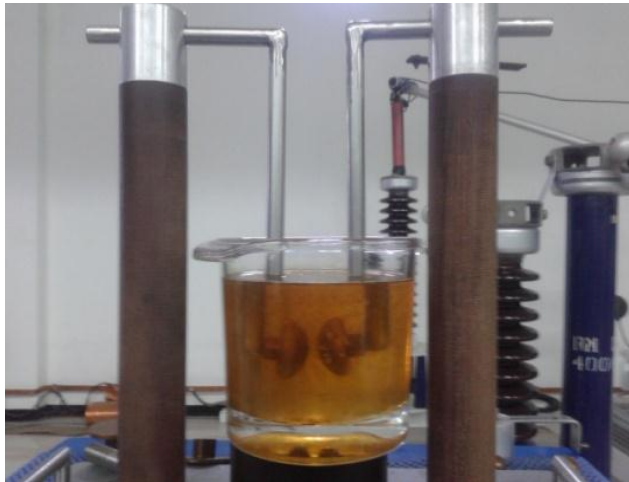
3. 3. Pengujian dan Pengambilan Data

Pada tahap pengujian dan pengambilan data, metode pengujian yang dilakukan oleh penulis berdasarkan pada tujuan awal dari penulisan Tugas Akhir ini. Elektrode yang digunakan pengujian ini elektroda setengah bola. Untuk materi bahan dari elektrode yaitu kuningan. Untuk masing-masing jenis minyak dibagi 3 yaitu minyak jagung, minyak sintetis dan minyak campuran. Untuk minyak jagung 100 % mempunyai nilai rata-rata tegangan 11,6 kV , untuk minyak sintetis 100 % mempunyai nilai rata-rata tegangan 15,2 kV dan minyak campuran 50:50 mempunyai nilai rata-rata tegangan 9,2 kV. Dari studi literatur didapatkan suatu teori yang mengatakan bahwa minyak yang layak dijadikan isolasi cair memiliki nilai tegangan 30 kV/2,5 mm sesuai “SPLN 49-1” [1]. Dari teori tersebutlah maka penulis melakukan pengujian dengan minyak nabati jenis minyak jagung dan mencampurnya dengan minyak sintetis Parameter data yang diambil pada pengujian Tugas Akhir ini adalah berapa besar nilai tegangan pada timbulnya tegangan tembus . Untuk besar tegangan akan muncul pada control box pada ruang operator. Berikut dibawah ini akan ditampilkan gambar proses pengujian.



Gambar 3.4. Pengujian minyak jagung

Gambar diatas adalah salah satu proses pengujian dengan minyak jagung. Kabel merah merupakan media penyalur daya sedangkan kabel kuning merupakan grounding. Setelah saklar kunci diputar dan tombol hijau ditekan maka tunggu proses hingga muncul suara tegangan tembus.



Gambar 3.5. Pengujian minyak campuran

Gambar diatas adalah salah satu proses pengujian dengan menggunakan minyak campuran. Proses pengujian sama seperti pada pengujian sebelumnya yaitu menunggu hingga timbul tegangan tembus.

Proses pengambilan data sama seperti pada pengujian sebelumnya. Setelah tercapai tegangan tembus, maka catat nilai tegangan. Data yang didapat pada proses pengujian yaitu besar nilai tegangan tembusnya. Setelah semua data pengujian telah lengkap maka tahap selanjutnya adalah menganalisa tren nilai tegangan.

3. 4. Analisis Hasil

Analisis hasil yang dilakukan antara lain meliputi pengaruh minyak jagung, minyak sintetis dan analisa tren tegangan. Setelah melalui tahap analisis hasil maka dapat ditarik suatu kesimpulan dari pengujian yang telah dilakukan. Kesimpulan yang didapat berdasarkan pada hasil data dan teori-teori penunjang. Kesimpulan yang didapat diharapkan mampu memecahkan permasalahan dan dapat digunakan sebagai

referensi terhadap penelitian selanjutnya. Pembuatan laporan dilakukan setelah semua proses analisis dan penarikan kesimpulan selesai dilakukan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

4. 1. Persiapan Pengujian dan Metode

Pada bab ini akan dibahas mengenai persiapan, simulasi pengujian, hasil serta analisis breakdown voltage. Analisis dilakukan dengan pembahasan per grafik dengan melihat data yang sudah ada serta merujuk pada teori-teori yang bersangkutan. Data tersebut didapatkan setelah serangkaian pengujian yang sudah dilakukan.

Sebelum melakukan analisis maka akan ditampilkan terlebih dahulu proses pengujian yang telah dilakukan. Pengujian yang dilakukan menggunakan rangkaian AC. Pengujian yang dilakukan meliputi pengaruh bahan jenis, bentuk, dan ukuran electrode terhadap breakdown voltage. Jenis bahan yang digunakan dalam pengujian Tugas Akhir ini adalah kuningan, baja, dan aluminium. Untuk bentuk elektrode yang digunakan pada pengerjaan Tugas Akhir ini adalah setengah bola. Sedangkan untuk jarak antar electrode 2,5 mm. pengujian untuk mendapatkan data nilai tegangan tembusnya.

Hal yang pertama kali dilakukan dalam pengujian ini adalah membuat rangkaian pembangkitan tegangan tinggi AC. Setelah rangkaian pengujian telah dipasang maka tahap selanjutnya adalah memasang elektrode setengah bola yang akan diuji dengan bahan jenis yang terbuat dari kuningan. Selanjutnya mulai lakukan pengujian dengan mengatur test method dari control box pada posisi AC. Jangan lupa tempatkan transformator pengatur tegangan pada kedudukan 0%. Pada bagian lain tempatkan master switch di bagian belakang pada kedudukan I.

Langkah selanjutnya adalah putar saklar kunci kontak hingga tombol cendawan terangkat sedikit dan tarik kuncinya setelah itu. Tekan tombol warna hijau pada kiri bawah panel control box. Untuk mengatur tegangan yang diinginkan dapat dilakukan pada kV meter. Bila sampai terdengar suara percikan yang berarti telah muncul tegangan tembus lalu catat nilai tegangan dan diulang 5 kali . Tekan tombol berpendar merah yang ada pada bagian bawaah panel depan untuk melakukan pemadaman seluruh instalasi. Setelah serangkaian pengujian yang sudah dilakukan dan data yang dibutuhkan sudah lengkap, maka tahap selanjutnya adalah analisis hasil. Analisis hasil yang dilakukan berdasarkan teori-teori penunjang yang ada pada literatur-literatur yang terkait.

Adapun literatur yang digunakan merupakan gabungan dari beberapa buku dan jurnal ilmiah baik yang diterbitkan di dalam negeri

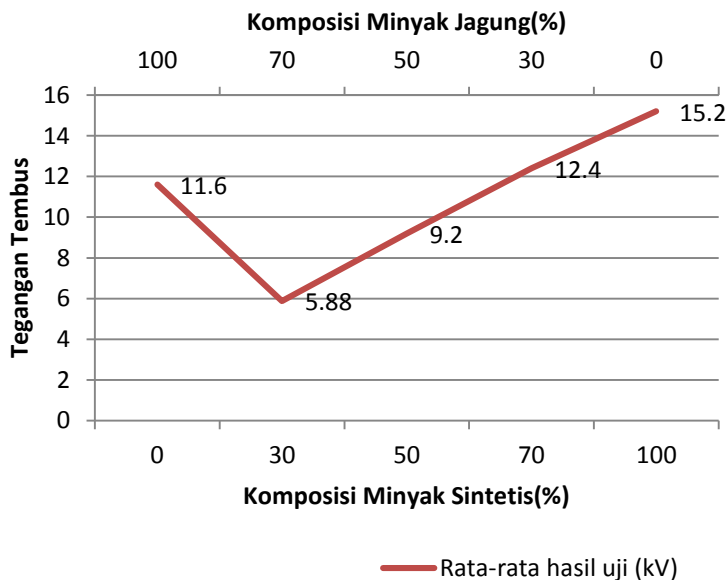
maupun internasional. Pada sub bab dibawah ini akan dibahas analisis hasil dari data yang sudah didapatkan.

4. 2. Hasil Pengambilan Data

Berikut adalah tabel yang berisi data statistik hasil dari pengujian tegangan tembus dengan beberapa variasi komposisi minyak campuran :

Tabel 4.1. Data Pengujian

No	Jagung (%)	Sintesis (%)	Rata-rata Hasil Uji (kV)
1	100	0	11,6
2	70	30	5,88
3	50	50	9,2
4	30	70	12,4
5	0	100	15,2



Gambar 4.1. Grafik tegangan tembus minyak campuran

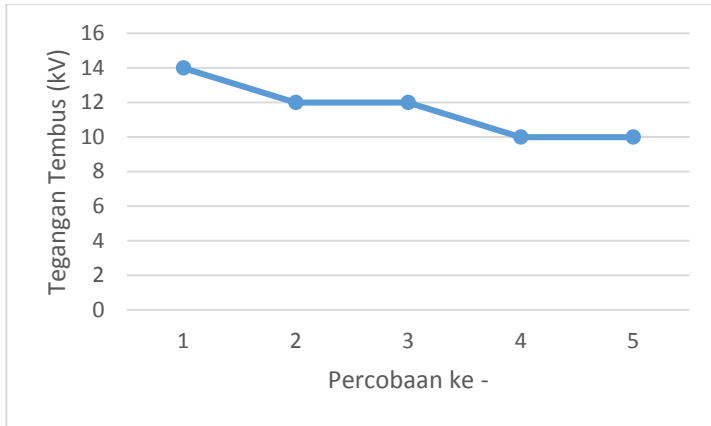
Data diatas merupakan data rata-rata hasil pengujian yang sudah dilakukan di laboratorium tegangan tinggi. Untuk analisis yang dilakukan adalah minyak dengan bahan jenis minyak jagung dan campuran. Dari data yang ditampilkan, komposisi minyak jagung 100 % memiliki nilai tegangan tembus 11,6 kV, pada saat diberi campuran minyak sintetis dengan perbandingan minyak jagung 70 % dan minyak sintetis 30% menjadi 5,88 kV. Hal ini disebabkan pada saat terjadi pencampuran antara minyak sintetis 70% dan minyak jagung 30% kualitas minyak campuran tersebut turun. Struktur ikatan kimia yang ada pada minyak tersebut tidak koheren, sehingga stabilitas dielektrik menjadi turun. Dengan komposisi 50% minyak jagung dan 50% minyak sintetis tegangan tembusnya bernilai 9,2 kV, lalu perbandingan minyak jagung 30% dan minyak sintetis 70% nilai tegangan tembusnya menjadi 12,4 kV. Dan terakhir dengan komposisi minyak sintetis 100 % meningkat menjadi 15,2 kV, paling tinggi nilainya dibanding komposisi lainnya dan menjadi komposisi terbaik diantara perbandingan lainnya. Hal ini karena dielektrik minyak jagung lebih buruk dibanding minyak sintetis dan menyebabkan kegagalan isolasi atau tegangan tembus yang rendah [11].

4. 2. 1. Komposisi Minyak Jagung 100%

Berikut dibawah ini merupakan tabel data hasil uji yang menunjukkan hasil pengujian pada minyak jagung 100 persen.

Tabel 4.2. Minyak Jagung 100%

No	Elektroda (Jarak 2,5mm)	Breakdown (kV)
1	Setengah Bola	14
2	Setengah Bola	12
3	Setengah Bola	12
4	Setengah Bola	10
5	Setengah Bola	10



Gambar 4.2. Grafik hasil data minyak jagung 100%

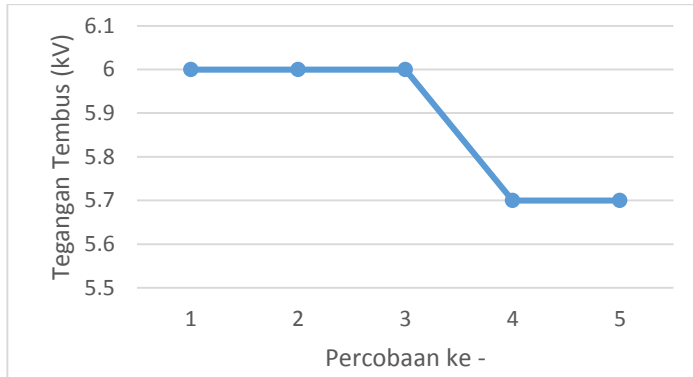
Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa nilai breakdown voltage dari minyak jagung tersebut setelah melalui 5 kali percobaan mengalami penurunan dari 14 kV menurun hingga 10 kV. Penurunan nilai breakdown voltage diakibatkan karena kekuatan isolasi minyak jagung tersebut sudah tidak bagus karena minyaknya mengalami penurunan kualitas akibat breakdown voltage karena pengujian pertama.

4. 2. 2. Komposisi Minyak Jagung 70% dan Minyak Sintesis 30%

Berikut dibawah ini merupakan tabel data hasil uji yang menunjukkan hasil pengujian pada minyak jagung 70 persen dan minyak sintesis 30 persen.

Tabel 4.3. Minyak Campuran Minyak Jagung (70) : Minyak Sintesis (30)

No	Elektroda (Jarak 2,5mm)	Breakdown (kV)
1	Setengah Bola	6
2	Setengah Bola	6
3	Setengah Bola	6
4	Setengah Bola	5,7
5	Setengah Bola	5,7



Gambar 4.3. Grafik hasil data minyak campuran minyak jagung (70) : minyak sintesis (30)

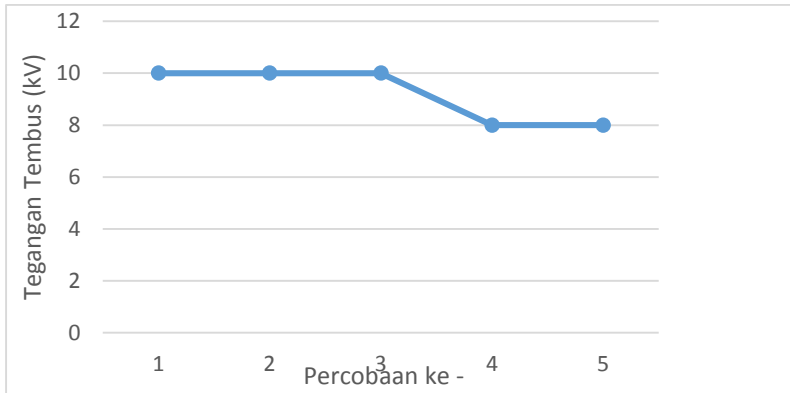
Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa nilai breakdown voltage dari minyak tersebut setelah melalui 5 kali percobaan mengalami penurunan dari 6 kV menurun hingga 5.7 kV. Penurunan nilai breakdown voltage diakibatkan karena kekuatan isolasi minyak jagung tersebut sudah tidak bagus karena minyaknya mengalami penurunan kualitas akibat breakdown voltage karena pengujian pertama.

4. 2. 3. Komposisi Minyak Jagung 50% dan Minyak Sintesis 50%

Berikut dibawah ini merupakan tabel data hasil uji yang menunjukkan hasil pengujian pada minyak jagung 50 persen dan minyak sintesis 50 persen.

Tabel 4.4. Minyak Campuran Minyak Jagung (50) : Minyak Sintesis (50)

No	Elektroda (Jarak 2,5mm)	Breakdown (kV)
1	Setengah Bola	10
2	Setengah Bola	10
3	Setengah Bola	10
4	Setengah Bola	8
5	Setengah Bola	8



Gambar 4.4. Grafik hasil pengujian dengan komposisi minyak jagung 50% dan minyak sintesis 50%

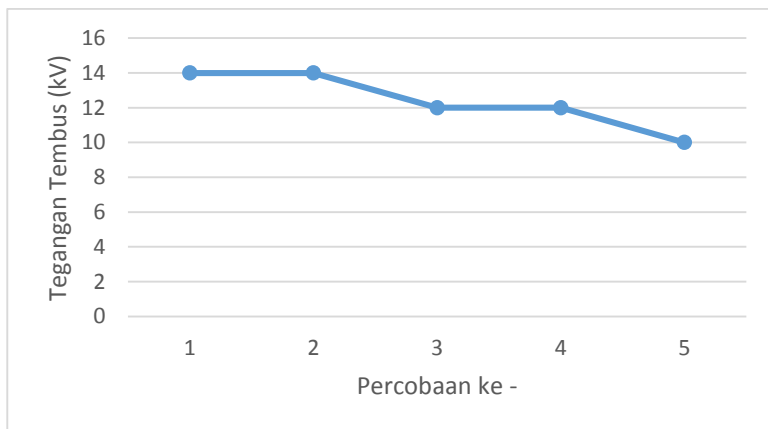
Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa nilai breakdown voltage dari minyak jagung tersebut setelah melalui 5 kali percobaan mengalami penurunan dari 10 kV menurun hingga 8 kV. Penurunan nilai breakdown voltage diakibatkan karena kekuatan isolasi minyak jagung tersebut sudah tidak bagus karena minyaknya mengalami penurunan kualitas akibat breakdown voltage karena pengujian pertama.

4. 2. 4. Komposisi Minyak Jagung 30% dan Minyak Sintesis 70%

Berikut dibawah ini merupakan tabel data hasil uji yang menunjukkan hasil pengujian pada minyak jagung 30 persen dan minyak sintesis 70 persen.

Tabel 4.5. Minyak Campuran Minyak Jagung (30) : Minyak Sintesis (70)

No	Elektroda (Jarak 2,5mm)	Breakdown (kV)
1	Setengah Bola	14
2	Setengah Bola	14
3	Setengah Bola	12
4	Setengah Bola	12
5	Setengah Bola	10



Gambar 4.5. Grafik hasil pengujian dengan komposisi minyak jagung 30% dan minyak sintesis 70%

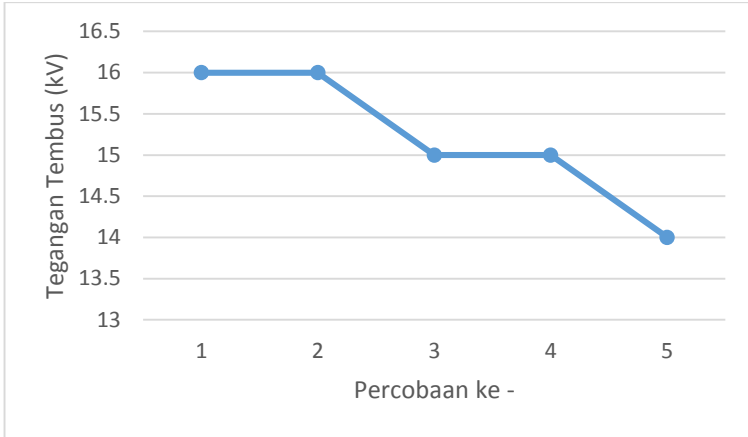
Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa nilai breakdown voltage dari minyak jagung tersebut setelah melalui 5 kali percobaan mengalami penurunan dari 14 kV menurun hingga 10 kV. Penurunan nilai breakdown voltage diakibatkan karena kekuatan isolasi minyak tersebut sudah tidak bagus karena minyaknya mengalami penurunan kualitas akibat breakdown voltage karena pengujian pertama.

4. 2. 5. Komposisi Minyak Sintesis 100%

Berikut dibawah ini merupakan tabel data hasil uji yang menunjukkan hasil pengujian pada minyak sintesis 100 persen.

Tabel 4.6. Minyak Sintesis (100%)

No	Elektroda (Jarak 2,5mm)	Breakdown (kV)
1	Setengah Bola	16
2	Setengah Bola	16
3	Setengah Bola	15
4	Setengah Bola	15
5	Setengah Bola	14



Gambar 4.6. Grafik hasil pengujian dengan komposisi minyak sintesis 100%

Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa nilai breakdown voltage dari minyak tersebut setelah melalui 5 kali percobaan mengalami penurunan dari 16 kV menurun hingga 14 kV. Penurunan nilai breakdown voltage diakibatkan karena kekuatan isolasi minyak sintetis tersebut sudah tidak bagus karena minyaknya mengalami penurunan kualitas akibat breakdown voltage karena pengujian pertama.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5. 1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh dari pengujian yang telah dilakukan mengenai breakdown voltage, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Nilai rata-rata tegangan tembus pada pengujian minyak jagung 100 % sesuai IEC 156 sebesar 11,6 kV dengan jarak sela 2,5 mm.
- b. Nilai tegangan tembus pada pengujian minyak campuran 70:30 (minyak jagung : minyak sintetis) sesuai IEC 156 sebesar 5,88 kV dengan jarak sela 2,5 mm.
- c. Nilai tegangan tembus pada pengujian minyak campuran 50:50 (minyak jagung : minyak sintetis) sesuai IEC 156 sebesar 9,2 kV dengan jarak sela 2,5 mm.
- d. Nilai tegangan tembus pada pengujian minyak campuran 30:70 (minyak jagung : minyak sintetis) sesuai IEC 156 sebesar 12,4 kV dengan jarak sela 2,5 mm.
- e. Nilai tegangan tembus minyak sintetis 100 % sesuai IEC 156 sebesar 15,2 kV dengan jarak sela 2,5 mm.
- f. Nilai tegangan tembus minyak jagung 100% pada pengujian menurut IEC 156 belum memenuhi persyaratan isolasi cair
- g. Nilai tegangan tembus minyak campuran 70:30 (minyak jagung : minyak sintetis) pada pengujian menurut IEC 156 belum memenuhi persyaratan isolasi cair
- h. Nilai tegangan tembus minyak campuran 50:50 (minyak jagung : minyak sintetis) pada pengujian menurut IEC 156 belum memenuhi persyaratan isolasi cair

- i. Nilai tegangan tembus minyak campuran 30:70 (minyak jagung : minyak sintetis) pada pengujian menurut IEC 156 belum memenuhi persyaratan isolasi cair
- j. Nilai tegangan tembus minyak sintetis 100% pada pengujian menurut IEC 156 belum memenuhi persyaratan isolasi cair

5. 2. Saran

Saran yang diberikan setelah dilakukan analisis data pengujian mengenai breakdown voltage adalah sebagai berikut :

- a. Untuk pengujian menggunakan minyak nabati bisa menggunakan minyak lain seperti minyak zaitun.
- b. Untuk pengujian lainnya bisa menggunakan tegangan searah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SPLN 49-1, Minyak Isolasi, Perusahaan Umum Listrik Negara, 1982.
- [2] Wildan Rahadian Putra, Pengaruh Jenis dan Bentuk Elektrode Pada Partial Discharge, ITS, 2014
- [3] IEC-156, Insulating Liquid Determination of Breakdown Voltage at Power Frequency Tes Method, 1995.
- [4] Eko Budiyanoro, Analisis Tegangan Tembus Minyak Kelapa Murni (Virgin Coconut Oil) Sebagai isolasi cair dengan variasi elektroda uji, Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- [5] Arie Shiddiq Hakim, Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Asam Olet dari Minyak Jagung Dengan Kapasitas 4300 Ton/Tahun, Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara, 2010.
- [6] Moch Hafi Wardana, Penggunaan Bahan Baku Biodiesel dari Biji Alpukat Sebagai Bahan Bakar Alternatif Diesel, Pendidikan Geografi, Universitas Negeri Malang.
- [7] Dhenny Dwiputra, Ayu Ning Jagat, Fauzia Kusuma Wulandari, Aditya Setya Prakarsa, Diyah Ayu Puspaningrum, Fathiyatul Islamiyah, Minyak Jagung Alternatif Pengganti Minyak yang Sehat, Teknologi Pangan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, 2015.
- [8] Sutrisno Koswara, Teknologi Pengolahan Jagung, ebookpangan, 2009.
- [9] Wahyu Purwo Raharjo, Pemanfaatan Oli Bekas dengan Pencampuran Minyak Tanah Sebagai Atomizing Burner, Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret.
- [10] Jornalis Bambang Prastyanto, Bambang Sudarmanta, Pengaruh Penambahan Biodiesel Dari Minyak Biji Nyamplung (C. Inophyllum) Pada Bahan Bakar Solar Terhadap Hasil Uji Unjuk Kerja Mesin Diesel Generator Set, Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [11] Rahayu, Kholinda and Irnanda , Priyadi and Yenni , Suhartini, Analisis Karakteristik Dielektrik Minyak Jagung Sebagai Alternatif Bahan Isolasi Cair. Undergraduated thesis, Fakultas Teknik Universitas Bengkulu.
- [12] Dedi Nugrohoru, Kegagalan Isolasi Minyak Trafo, Media Elektrika Vol.3 No.2, Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang, 2010.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN



no	Jagung(%)	Sintetis(%)	Pour Point (°C)	Flash Point (°C)
1	100	0	-11	248
2	70	30	-11	178
3	50	50	-8	156
4	30	70	-9	154
5	0	100	-7	49

Tabel uji pour point dan flash point

RIWAYAT PENULIS



Aulia Irsyad dilahirkan di Indragiri hulu, 28 Januari 1991. Merupakan putra pertama dari tiga bersaudara pasangan Jarwo Sanyoto dan Ibu Rini Maryantini. Penulis menempuh jenjang pendidikan dari SDN Sukadamai 3 Bogor, dan melanjutkan ke SMPN 5 Bogor. Kemudian penulis melanjutkan ke SMA Lazuardi GIS Depok hingga lulus. Penulis melanjutkan studinya ke Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro Pada tahun 2010.

Pada tahun 2012 penulis mengambil bidang studi Teknik Sistem Tenaga. Penulis dapat dihubungi melalui email : auliairsyad22@gmail.com

Halaman ini sengaja dikosongkan