



**UJI KARAKTERISTIK BIO MINYAK TRAFU BERBAHAN DASAR  
MINYAK KEMIRI SUNAN DENGAN PENAMBAHAN ZAT ADITIF  
*BUTYLATED HYDROXYTOULENE* (BHT) SEBAGAI ALTERNAIF  
ISOLASI CAIR TRANSFORMATOR DAYA 150 KVA**

**SKRIPSI**

Oleh

**Erwin Setiyandani**

**NIM 131910201015**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2020**



**UJI KARAKTERISTIK BIO MINYAK TRAF0 BERBAHAN DASAR  
MINYAK KEMIRI SUNAN DENGAN PENAMBAHAN ZAT ADITIF  
*BUTYLATED HYDROXYTOLUENE (BHT)* SEBAGAI ALTERNATIF  
ISOLASI CAIR TRANSFORMATOR DAYA 150 KVA**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Erwin Setiyandani  
NIM 131910201015**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2020**

## PERSEMBAHAN

Dengan ini saya persembahkan skripsi kepada:

1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Kedua orang tua tercinta dirumah, Bapak Didik Daryanto dan Ibu Suhaemi serta kakak Dian Tanti Utami dan Yoan Sukma Ariezona, terimakasih atas semua do'a, kasih sayang, pengorbanan, dan kesabaran yang tiada tara.
3. Guru – guru mulai TK Taruna Dra Zulaeha, SD Taruna Dra Zulaeha, SMPN 1 Leces Kabupaten Probolinggo, SMAN 1 Leces Kabupaten Probolinggo dan dosen-dosen Teknik Elektro Universitas Jember. Terima kasih untuk ilmu dan pengalaman yang telah diajarkan selama ini.
4. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T., selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
5. Bapak Dr. Ir. Widjonarko, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Suprihadi Prasetyono S.T., M.T., selaku dosen pembimbing anggota yang telah rela meluangkan waktu, pikiran serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Ir. Satrio Budi Utomo, S.T., M.T., selaku dosen penguji utama dan Bapak RB. Moch Gozali, S.T., M.T., selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan skripsi ini.
7. Bapak Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si., selaku dosen pembimbing akademik.
8. Bapak Wahyu Muldayani, S.T., M.T., selaku Komisi Bimbingan S1 yang telah membantu penulisan skripsi secara administratif.
9. Keluarga Besar Intel 2013 yang selalu membantu, menyemangati dan selalu mendampingi saya selama pengerjaan skripsi ini.
10. Almamater Teknik Elektro Universitas Jember

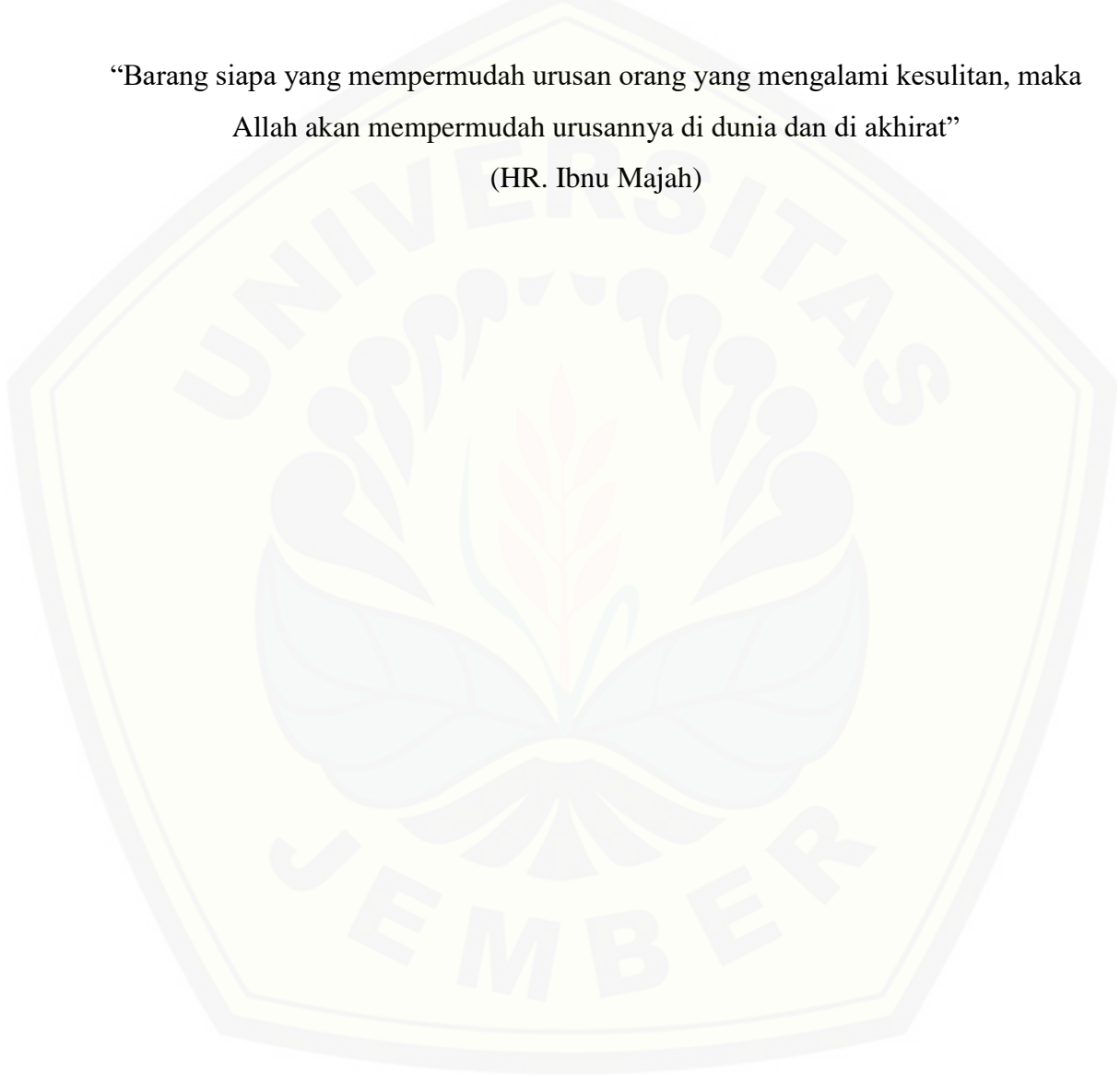
MOTTO

“Allah tidak hendak menyulitkan kamu, tetapi Dia hendak membersihkan kamu dan menyempurnakan nikmat-Nya bagimu, supaya kamu bersyukur”

(QS. Al Maidah: 6)

“Barang siapa yang mempermudah urusan orang yang mengalami kesulitan, maka Allah akan mempermudah urusannya di dunia dan di akhirat”

(HR. Ibnu Majah)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Erwin Setiyandani

NIM : 131910201015

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Uji Karakteristik Bio Minyak Trafo Berbahan Dasar Minyak Kemiri Sunan dengan Penambahan Zat Aditif *Butylated Hydroxytoulkene* (BHT) Sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator Daya 150 kVA" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 27 Juli 2020

Yang menyatakan,

Erwin Setiyandani

NIM 131910201015

**SKRIPSI**

**UJI KARAKTERISTIK BIO MINYAK TRAFU BERBAHAN DASAR  
MINYAK KEMIRI SUNAN DENGAN PENAMBAHAN ZAT ADITIF  
*BUTYLATED HYDROXYTOULENE* (BHT) SEBAGAI ALTERNAIF  
ISOLASI CAIR TRANSFORMATOR DAYA 150 KVA**

Oleh

Erwin Setiyandani

NIM 131910201015

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Widjonarko, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Suprihadi Prasetyono, ST., MT.

**LEMBAR PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Uji Karakteristik Bio Minyak Trafo Berbahan Dasar Minyak Kemiri Sunan dengan Penambahan Zat Aditif *Butylated Hydroxytoulene* (BHT) sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator Daya 150 kVA” karya Erwin Setiyandani telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Senin, 27 Juli 2020

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Ketua,

Dr. Ir. Widjonarko, S.T., M.T.  
NIP. 197109081999031001

Anggota II,

Dr. Ir. Satryo Budi Utomo, S.T., M.T.  
NIP. 198501262008011002

Anggota I,

Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.  
NIP. 197004041996011001

Anggota III,

HRB. Moch. Gozali, S.T., M.T.  
NIP. 196906081999031002

Mengesahkan  
Dekan,

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.  
NIP. 197008261997021001

## RINGKASAN

**Uji Karakteristik Bio Minyak Trafo Berbahan Dasar Minyak Kemiri Sunan dengan Penambahan Zat Aditif *Butylated Hydroxytoulene* (BHT) sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator Daya 150 kVA;** Erwin Setiyandani, 131910201015; 2020; 46 halaman; Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Transformator pada sistim pentransmision energi listrik memiliki peranan yang sangat penting. Transformator harus bisa bekerja secara maksimal demi memenuhi kebutuhan masyarakat akan energi listrik. Pemeliharaan pada transformator harus dilakukan secara berkala, mengingat transformator merupakan komponen yang sangat vital pada sistem pentransmision energi listrik. Pemeliharaan yang sangat penting yaitu pada isolasi transformator yang berupa minyak. Isolasi trafo sendiri memiliki peranan sebagai media isolasi belitan yang ada didalam trafo serta sebagai media pendingin trafo saat transformator berkerja. Minyak trafo yang digunakan pada umumnya berbahan baku minyak dari hasil tambang bumi (fosil) yang dapat kita ketahui bahwa minyak hasil dari tambang bumi (fosil) tidak dapat diperbarui, artinya persediaan minyak bumi suatu saat akan terus berkurang dan habis. Oleh karena itu, perlunya usaha untuk meminimalisir penggunaan minyak trafo yang berbahan baku dari hasil tambang minyak bumi (fosil).

Banyak berbagai penelitian saat ini tentang minyak nabati sebagai alternatif minyak trafo, tujuannya meminimalisir penggunaan minyak yang berbahan baku minyak bumi (fosil). Alternatif minyak transformator yang menggunakan bahan minyak nabati yaitu minyak jarak, minyak jagung, minyak kemiri sunan dan sebagainya. Walaupun hasil dari penelitian karakteristik minyak nabati tersebut masih belum dapat memenuhi standar sebagai alternatif isolasi trafo, namun penggunaan minyak nabati dapat di optimalkan dengan melalui proses-proses pencampuran bahan zat aditif seperti amina, fenol, BHT.



Terdapat empat sampel dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 pada campuran minyak kemiri sunan dan BHT pada penelitian ini. Keempat sampel tersebut dilakukan pengujian-pengujian untuk mengetahui karakteristik dari sebuah bio minyak trafo. Karakteristik yang diujikan yaitu massa jenis dan viskositas, untuk mengetahui berapa nilai tegangan tembus terhadap penambahan Apar Poweroil TO 20, dilakukan perhitungan secara matematis untuk mengetahui prediksi nilai tegangan tembusnya apakah berdampak baik atau tidak.

Pengujian keempat sampel yang sudah ditambahkan variasi Apar Poweroil TO 20 pada penelitian ini menunjukkan hasil yang sangat baik dan bio minyak trafo ini memiliki potensi untuk dijadikan alternatif isolasi cair transformator. Dimana penambahan Apar Poweroil TO 20 memiliki pengaruh pada nilai massa jenis dibawah batas maksimum standar isolasi cair yaitu  $0,8957 \text{ gram/cm}^3$ , dan nilai viskositas kinematik dibawah batas maksimum standar isolasi cair 40 cSt. Serta nilai tegangan tembus yang dihitung secara matematis menunjukkan nilai yang cukup baik yaitu diatas  $30 \text{ kV}/2,5\text{mm}$ . Standar isolasi cair mengacu pada SPLN 49-1 Tahun 1982.

## SUMMARY

**The Characteristic Bio Oil Transformer are Based *Reutealis Trisperma Blanco* by The Addition of Substances Additive Butylated *Hydroxytoulene* as an Alternative Insulating Liquid 150 kVA Power Transformer;** Erwin Setiyandani, 131910201015; 2020; 46 pages; the Electrical Engineering Department, the Faculty of Engineering, Jember University.

The transformer in the electrical energy transmission system has a very important role. Transformers must be able to work optimally in order to meet the people's needs for electrical energy. Maintenance of the transformer must be done periodically, bearing in mind the transformer is a very vital component in the electricity energy transmission system. Maintenance is very important, namely the isolation of the transformer in the form of oil. The transformer isolation itself has a role as a medium of winding insulation that is in the transformer as well as a transformer cooling medium when the transformer works. Transformer oil that is used in general is made from crude oil from natural resources (fossil) which we can know that oil produced from natural resources (fossil) cannot be renewed, meaning that the supply of petroleum will one day continue to decrease and run out. Therefore, the need for efforts to minimize the use of transformer oil that is made from raw materials from earth mining (fossil).

Many various studies currently on vegetable oil as an alternative to transformer oil, the goal is to minimize the use of oil made from crude oil (fossil). Alternative transformer oil that uses vegetable oils, namely castor oil, corn oil, sunan candlenut oil and so on. Although the results of the study of the characteristics of vegetable oils still can not meet the standards as an alternative transformer isolation, but the use of vegetable oils can be optimized by the process of mixing additives such as amines, phenols, BHT.

There are four samples with the addition of variations of Apar Poweroil TO 20 in a mixture of sunan candlenut oil and BHT in this study. The four samples are tested to determine the characteristics of a transformer bio oil. The characteristics

tested are density and viscosity, to find out what the breakdown voltage value is for the addition of Apar Poweroil TO 20, a systematic calculation is performed to determine the predicted value of the breakdown resistance whether it has a good impact or not.

Tests of the four samples that have been added to the variations of Apar Poweroil TO 20 in this study show excellent results and this transformer bio oil has the potential to be used as an alternative to transformer liquid insulation. Where the addition of Apar Poweroil TO 20 has an effect on the density value below the maximum limit of liquid insulation standard that is 0.8957 gram / cm<sup>3</sup>, and the value of kinematic viscosity below the maximum limit of liquid insulation standard is 40 cSt. And the breakdown voltage calculated mathematically shows a pretty good value that is above 30 kV / 2.5mm. Liquid insulation standards refer to SPLN 49-1 of 1982.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Uji Karakteristik Bio Minyak Trafo Berbahan Dasar Minyak Kemiri Sunan dengan Penambahan Zat Aditif *Butylated Hydroxytoulene* (BHT) sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator Daya 150 KVA”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember. Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang menjadi suri tauladan bagi seluruh umat.
3. Kedua orang tua tercinta dirumah, Bapak Didik Daryanto dan Ibu Suhaemi serta kakak Dian Tanti Utami dan Yoan Sukma Ariezona, terimakasih atas semua do'a, kasih sayang, pengorbanan, dan kesabaran yang tiada tara.
4. Teman-teman komunitas Begundal's Squad yang selalu memberi semangat, bantuan, dan juga dorongan untuk menyelesaikan penelitian ini.
5. Rekan-rekan Fakultas Teknik Universitas Jember khususnya rekan-rekan Teknik Elektro Angkatan 2013 yang tidak dapat disebutkan satu per satu, selama ini telah memberikan pengalaman hidup selama penulis menjadi keluarga Fakultas Teknik Universitas Jember.
6. Nur Wahyu Utomo, S.T sebagai pembimbing lapangan dalam penyusunan skripsi ini.
7. Begundal Squad dan penghuni Kontraan Kaliurang, Nur Wahyu Utomo, Fajar Gunawan, Bagus Lintang, dan teman-teman kloter terakhir angkatan 2013, Edi Tri Kurniawan, Wandra Nur Cahya, Risman Febrian, Hafid Hilmi, M Fikkry Ardian, Indrawan Sutiyalin, serta Risman Febrian dan Rahlay Prawira sebagai tim pembakar semangat.
8. Seluruh anggota grup Budidaya Ikan Air Tawar “Ulam Tuyo” yang selalu memberi dukungan penuh agar saya segera menyelesaikan skripsi ini.

9. Pihak yang telah membantu dalam tahap awal hingga akhir penelitian, kepala laboratorium beserta pengurus laboratorium farmasetika dan laboratorium kimia, Fakultas Farmasi Universitas Jember.
10. Serta seluruh pihak yang telah membantu dalam mengerjakan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 27 Juli 2020

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	<b>vi</b>
<b>PENGESAHAN</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>RINGKASAN</b> .....	Error! Bookmark not defined. <b>i</b>
<b>SUMMARY</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>PRAKATA</b> .....	Error! Bookmark not defined. <b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	<b>5</b>
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	<b>5</b>
<b>BAB 2. DASAR TEORI</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1 Transformator</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2 Minyak Transformator</b> .....	<b>6</b>
2.2.1 Jenis-jenis Bahan Baku Minyak Transformator .....	<b>7</b>
2.2.2 Zat Penyusun Minyak Transformator .....	<b>7</b>
2.2.3 Sifat-sifat Isolasi Minyak .....	<b>8</b>
2.2.4 Jenis-jenis Minyak Transformator .....	<b>11</b>
<b>2.3 Teori Kegagalan Isolasi Minyak Transformator</b> .....	<b>12</b>
<b>2.4 Standarisasi Pengujian Isolasi Minyak Transformator</b> .....	<b>14</b>

2.5 Minyak Kemiri Sunan.....	15
2.6 Zat Aditif BHT.....	17
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	18
3.2 Prosedur Penelitian .....	19
3.3 Diagram Alur Penelitian.....	21
3.4 Flowchart Pengujian .....	22
3.5 Alat dan Bahan .....	23
3.6 Hipotesa .....	24
3.7 Prosedur Pengujian.....	25
3.7.1 Pemetaan Sampel.....	25
3.7.2 Prosedur Pengujian Massa Jenis.....	26
3.7.3 Prosedur Pengujian Viskositas Kinematik .....	27
3.8 Pengolahan Data.....	28
3.8.1 Pengolahan Data Hasil Pengujian Massa Jenis .....	28
3.8.2 Pengolahan Data Hasil Pengujian Viskositas Kinematik .....	39
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>32</b>
4.1 Hasil Pengujian Karakteristik Fisika .....	33
4.1.1 Hasil Pengujian Massa Jenis.....	33
4.1.2 Hasil Pengujian Viskositas Kinematik .....	36
4.2 Analisis Kelayakan Bio Minyak Trafo sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator Daya 150 Kva .....	40
4.2.1 Persentase Komposisi Bio Minyak Trafo .....	43
4.3 Prediksi Nilai Tegangan Tembus Bio Minyak Trafo dengan Penambahan Apar Poweroil TO 20 .....	44
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>46</b>
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>47</b>

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Spesifikasi Diala B .....	11
2.2 Standar isolasi baru untuk transformator sesuai dengan SPLN 49-1 Tahun 1982 .....	14
2.3 Spesifikasi tegangan tembus minyak transformator sesuai SPLN 49-1:1982 .....	14
2.4 Hasil Pengolahan Minyak Kemiri Sunan .....	17
3.1 Waktu dan tempat penelitian.....	18
3.2 Jadwal kegiatan penelitian .....	19
3.3 Persentase Komposisi <i>Bio Minyak Trafo</i> .....	25
3.4 Parameter untuk Menentukan Massa Jenis .....	26
3.5 Data Data Parameter Pengujian Viskositas kinematik.....	27
3.6 Data Data Pengujian Massa Jenis .....	28
3.7 Data Pengujian Viskositas Kinematik.....	30
3.8 Perbandingan Parameter Hasil Pengujian dengan Standar SPLN 49-1 Tahun 1982.....	31
4.1 Parameter dari Piknometer.....	33
4.2 Hail Uji Massa Jenis .....	34
4.3 Parameter Pengujian Viskositas Kinematik .....	37
4.4 Hasil Pengujian Viskositas Kinematik.....	37
4.5 Perbandingan Parameter Hasil Pengujian Dengan Standar SPLN 49-1 Tahun 1982.....	41
4.6 Prediksi Nilai Tegangan Tembus Secara Matematis .....	44



**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Biji Kemiri Sunan .....	15
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	21
3.2 Flowchart Pengujian.....	22
3.3 Piknometer .....	23
3.4 Timbangan Analitik .....	23
3.5 Gelas Beker .....	23
3.6 Viskometer <i>Ostwald</i> .....	24
3.7 <i>Pipette Pump</i> .....	24
4.1 Grafik Pengaruh Penambahan Apar Poweroil TO 20 Terhadap Massa Jenis.....	35
4.2 Grafik Pengaruh Penambahan Apar Poweroil TO 20 Terhadap Viskositas Kinematik .....	38
4.3 Gambar 4.3 Grafik Prediksi Nilai Tegangan Tembus Bio Minyak Trafo .....	45

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan masyarakat untuk memanfaatkan energi listrik menjadi kebutuhan pokok dimana permintaan energi listrik semakin hari semakin meningkat mulai dari meningkatnya keperluan industri, telekomunikasi, kebutuhan listrik pada rumah tangga, serta lain sebagainya. Dengan meningkatnya kebutuhan listrik yang dibutuhkan masyarakat, maka proses penyaluran daya listrik dari pusat-pusat pembangkit kepada konsumen harus terorganisir dengan baik dan optimal. Adapun peralatan listrik tegangan tinggi yang mempunyai peran vital dalam pendistribusian listrik dari pusat pembangkit ke konsumen yaitu transformator tenaga.

Transformator tenaga memiliki peran merubah listrik bertegangan tinggi menjadi listrik bertegangan menengah maupun listrik bertegangan rendah. Transformator pada sistem transmisi energi listrik memiliki peranan yang sangat penting dan transformator harus bisa bekerja secara maksimal demi memenuhi kebutuhan masyarakat akan energi listrik. Dikarenakan kerja transformator dalam suatu sistem transmisi maupun distribusi cukup keras dan transformator sendiri mempunyai peran yang sangat vital, maka harus dilakukan pemeliharaan transformator secara berkala yang bertujuan untuk menjaga keandalan dari transformator itu sendiri agar dapat meminimalisir jika terjadi gangguan, terutama pada isolasi trafo yang umumnya transformator tenaga menggunakan minyak.

Isolasi trafo sendiri memiliki peranan sebagai media isolasi belitan yang ada didalam trafo serta sebagai media pendingin trafo saat transformator berkerja. Minyak trafo yang digunakan pada umumnya berbahan baku minyak dari hasil tambang bumi (fosil) yang dapat kita ketahui bahwa minyak hasil dari tambang bumi (fosil) tidak dapat diperbarui, artinya persediaan minyak bumi suatu saat akan terus berkurang dan habis. Oleh karena itu, perlunya usaha untuk meminimalisir penggunaan minyak trafo yang berbahan baku dari hasil tambang bumi (fosil).

Dari berbagai penelitian mengenai pemanfaatan sumber daya alam seperti menggunakan minyak nabati sebagai alternatif minyak trafo guna meminimalisir penggunaan minyak yang berbahan baku fosil itu sendiri mulai dilakukan. Beberapa

penelitian mengenai alternatif minyak transformator menggunakan bahan minyak nabati diantaranya minyak jarak, minyak jagung, minyak kemiri dan sebagainya. Walaupun hasil dari penelitian karakteristik minyak nabati tersebut masih belum dapat memenuhi standar sebagai alternatif isolasi trafo, namun penggunaan minyak nabati dapat di optimalkan dengan melalui proses-proses pencampuran bahan lain seperti bahan aditif yaitu seperti amina, fenol, BHT. Syarat untuk suatu bahan minyak trafo harus memiliki nilai tegangan tembus ( $30 \text{ kV}/2,5\text{mm}$ ), dan massa jenis ( $0,8975 \text{ gram/cm}^3$ ), nilai viskositas ( $40 \text{ cSt}$ ) sesuai dengan standar SPLN 49-1 Tahun 1982.

Meninjau dari beberapa penelitian sebelumnya yang berjudul Minyak Jarak Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Transformator dengan Variasi Venol dan APAR Poweroil TO 20. pada komposisi minyak jarak 60% dengan penambahan fenol 20% dan APAR TO20 20% didapatkan tegangan tembus sebesar  $42,50 \text{ kV}$ . Hal ini menunjukkan bahwa penambahan zat APAR TO 20 memperbaiki kualitas tegangan tembus minyak jarak. Namun disisi lain, massa jenis yang didapatkan pada komposisi tersebut yaitu  $0,91711 \text{ gram/cm}^3$  (Cippratama, 2017). Pada penelitian ini untuk komposisi tersebut belum memenuhi standar dikarenakan melebihi batas maksimum massa jenis isolasi cair transformator daya yaitu  $0,8957 \text{ gram/cm}^3$ .

Minyak kemiri sunan merupakan minyak nabati yang memiliki keunggulan pada karakteristik nilai tegangan tembus maupun massa jenis. Meninjau dari penelitian yang berjudul “Studi Tegangan Tembus Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Transformator Daya” didapatkan hasil pengujian tegangan tembus pada kondisi standar sesuai IEC 156 sebesar  $17,55 \text{ kV}/2,5\text{mm}$ . Nilai ini tidak memenuhi standar SPLN 49-1:1982 yaitu  $30\text{kV}/2,5\text{mm}$  (Kurahman & Abduh, 2016). Oleh karena itu untuk meningkatkan nilai dari tegan tembus minyak kemiri sunan yaitu dengan penambahan bahan aditif seperti fenol atau BHT (*butylated hydroxytoluene*).

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai karakteristik minyak kemiri sunan dengan penambahan zat aditif sebagai alternatif pengganti isolasi transformator yang telah diteliti oleh Fajriyansa Perdana menghasilkan

karakteristik minyak kemiri sunan dengan variasi suhu dan penambahan zat aditif fenol, yaitu tegangan tembus sebesar 24,5 kV pada suhu 30°C dengan penambahan fenol 100 ml tetapi belum memenuhi standar SPLN 49-1 tahun 1982 yaitu 30 kV/2,5mm. Namun dalam hal karakteristik dengan parameter massa jenis, minyak kemiri sunan memiliki massa jenis sebesar 0,8888 gram/cm<sup>3</sup> pada penambahan fenol 100 ml (Perdana, 2017). Artinya masih dibawah batas maksimal massa jenis isolasi cair transformator berdasar standar SPLN 49:1982 yaitu sebesar 0,8957 gram/cm<sup>3</sup>.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Ade Firmansyah mengenai karakteristik minyak kemiri sunan dengan penambahan zat aditif BHT, memiliki hasil karakteristik 34,97 kV/2,5 mm pada sampel dengan konsentrasi BHT 20%. Sedangkan pada karakteristik parameter massa jenis sebesar 0,90708 gram/cm<sup>3</sup> pada konsentrasi BHT 20% (Firmansyah, 2019). Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Ade Firmansyah nilai massa jenis tidak memenuhi syarat dengan standar SPLN 49-1:1982 sebesar 0,8957 gram/cm<sup>3</sup>.

. Dalam penelitian pada tugas akhir ini minyak kemiri sunan akan dicampur dengan zat BHT (*butylated hydroxytoluene*) dengan melalui proses destilasi. Sehingga nantinya didapatkan hasil terbaik berdasarkan karakteristik dari pengujian tersebut akan dicampur dengan minyak transformator. Dengan menggunakan metode ini diharapkan minyak kemiri sunan memiliki kelayakan karakteristik yang optimal berdasar standar isolasi cair transformator.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah dijabarkan, maka didapatkan beberapa permasalahan yaitu :

1. Bagaimana pengaruh penambahan variasi persentase minyak transformator terhadap sifat fisika pada kualitas minyak kemiri sunan sebagai alternatif isolasi cair transformator daya ?
2. Bagaimana presentase takaran minyak kemiri sunan, BHT, dan minyak transformator dari hasil pengujian untuk mendapatkan hasil komposisi dengan karakteristk yang terbaik sebagai isolator cair transformator ?

### 1.3 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah yang didapat, diperlukan beberapa batasan masalah pada penelitian ini agar tidak menyimpang jauh dari topik yang dibahas, yaitu :

1. Untuk reaksi kimia yang ditimbulkan dari minyak trafo dan kandungan dari minyak kemiri sunan serta zat aditif BHT tidak dibahas.
2. Pada penelitian tidak dilakukan uji skala warna pada bahan yang akan diteliti.
3. Pada penelitian ini hanya membahas karakteristik fisika yaitu massa jenis dan viskositas kinematik.
4. Prediksi nilai tegangan tembus didapat dari hasil perhitungan secara matematis.
5. Variasi zat aditif yang digunakan adalah BHT (butylated hydroxytoluene).
6. Minyak transformator yang digunakan pada penelitian ini yaitu Apar Poweroil TO 20.
7. Bahan utama yaitu minyak kemiri sunan yang telah dicampur dengan BHT akan dicampur lagi dengan minyak transformator merek Apar Poweroil TO 20.
8. Pada skripsi ini membahas tentang keadaan minyak kemiri sunan untuk karakter massa jenis dan viskositas kinematik. Selain karakter tersebut tidak dibahas. Dalam hal ini bukan tentang prinsip yang tersusun pada transformator maupun cara kerjanya.
9. Pada skripsi ini tidak membahas tentang hasil dari unsur-unsur penyusun zat senyawa kimia pada kandungan minyak transformator dan pada minyak kemiri sunan.
10. Tidak membahas proses penuangan minyak kemiri sunan sebagai minyak isolasi transformator pada penerepan secara langsung di transformator.
11. Proses identifikasi minyak kemiri sunan sebagai isolasi minyak transformator tidak dibahas untuk efek yang ditimbulkan pada bagian-bagian peralatan transformator dan cara kerja peralatannya.
12. Pada penelitian ini tidak membahas tentang masa pakai dan masa kadaluarsa dari minyak kemiri sunan maupun dari minyak Apar poweroil TO 20.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Dari latar belakang yang sudah dijabarkan, adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Dapat mengetahui pengaruh penambahan variasi persentase minyak transformator terhadap sifat fisika pada kualitas minyak kemiri sunan, sebagai alternative isolasi cair transformator daya.
2. Dapat mengetahui presentase takaran minyak kemiri sunan, BHT, dan minyak transformator dari hasil pengujian untuk mendapatkan hasil komposisi dengan karakteristik yang terbaik sebagai alternatif isolator cair transformator.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan minyak kemiri sunan dapat dipertimbangkan untuk dijadikan alternatif bahan baku pokok untuk minyak transformator tenaga dengan proses penambahan bahan aditif BHT (*butylated hydroxytoluene*) dan minyak transformator Apar Poweroil TO 20. Serta sebagai penelitian selanjutnya dalam bidang alternatif pengganti bahan isolasi cair untuk transformator tenaga dan juga dapat menjadi bahan ataupun referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya pada bidang yang sejenis.

## BAB 2. DASAR TEORI

### 2.1 Transformator

Transformator adalah sebuah peralatan listrik yang bisa mengubah tegangan listrik akan tetapi tidak mengubah frekuensinya dengan menggunakan prinsip induksi elektromagnetik. Transformator dibedakan menjadi dua yaitu transformator *step up* yang berfungsi menaikkan tegangan, dan transformator *step down* yang berfungsi menurunkan tegangan.

Prinsip kerja dari transformator sendiri yaitu apabila arus listrik bolak balik yang mengalir mengelilingi sebuah inti besi, maka inti besi tersebut akan menjadi sebuah medan magnet. Jika terdapat suatu belitan yang mengelilingi medan magnet maka, pada kedua ujung belitan akan terjadi beda potensial, dan menyebabkan timbulnya gaya gerak listrik (GGL).

Transformator daya yaitu sebuah peralatan listrik yang dapat menurunkan tegangan transmisi yang bertegangan tinggi menjadi tegangan listrik menengah ataupun tegangan rendah. Umumnya transformator daya ini terdapat pada Gardu Induk. Transformator daya ini memiliki harga yang cukup mahal, selain itu jika terjadi kerusakan pada transformator daya di sebuah Gardu Induk akan menyebabkan terganggunya penyediaan tenaga listrik bagi masyarakat. Secara operasional rusaknya salah satu transformator daya dalam Gardu Induk akan memerlukan manuver operasi untuk memindah beban dari transformator yang rusak ke transformator lain dengan menghindari terjadinya pembebanan lebih pada transformator yang tidak rusak yang sedang beroperasi. Jika pemindahan beban ini tidak mungkin sepenuhnya dilakukan, maka perlu dilakukan pemadaman beban.

### 2.2 Minyak Transformator

Minyak transformator memiliki fungsi sebagai isolasi antara belitan-belitan yang terdapat didalam trafo dan juga dapat berfungsi sebagai pendingin panas yang ditimbulkan dari belitan trafo ketika beroperasi. Terdapat beberapa alasan mengapa minyak digunakan sebagai isolasi cair pada transformator sebagai berikut (Adibah, 2016)

- a. Isolasi cair memiliki kerapatan sebesar 1000 kali atau lebih dibandingkan dengan isolasi gas, sehingga memiliki kekuatan dielektrik yang lebih tinggi.
- b. Isolasi cair dapat menghilangkan dapat meredam panas yang ditimbulkan dari rugi-rugi energi dan isolasi cair mampu menjangkau celah-celah sempit yang akan di isolasi.
- c. Ketika isolasi cair cenderung dapat memperbaiki diri sendiri (*self healing*) jika terjadi pelepasan muatan (*discharge*).

#### 2.2.1 Jenis-jenis Bahan Baku Minyak Transformator

Umumnya terdapat dua jenis penyusun sebuah minyak isolasi, yang pertama adalah menggunakan bahan baku hasil olahan minyak bumi yang saat ini sudah banyak dipergunakan dan bahan baku yang kedua yaitu menggunakan minyak nabati atau hasil dari minyak tumbuh-tumbuhan. Saat ini banyak dilakukannya penelitian mengenai minyak nabati ini, dikarenakan minyak nabati merupakan minyak yang ramah lingkungan (Kurahman & Abduh, 2016).

#### 2.2.2 Zat Penyusun Minyak Transformator

Bahan mentah yaitu minyak bumi yang dijadikan bahan baku minyak trafo, tidak bisa langsung dijadikan sebuah minyak isolasi transformator. Perlunya penambahan zat-zat kimia tertentu agar bisa dijadikan sebuah minyak isolasi transformator. Minyak transformator terbuat dari bahan kimia organik, yaitu terbuat dari senyawa atom C dan senyawa atom H (Marsudi, 2011). Secara umum senyawa hidrokarbon dan senyawa non hidrokarbon merupakan penyusun dari minyak transformator (Adibah, 2016).

##### a. Senyawa Hidrokarbon

Senyawa hidrokarbon merupakan senyawa yang susunannya terdiri dari unsur hidrogen dan unsur karbon. Bagian terbesar dari minyak adalah senyawa hidrokarbon, sehingga senyawa hidrokarbon ini terbagi menjadi tiga kelompok yaitu :



### 1. Senyawa Parafin

Senyawa parafin merupakan senyawa hidrokarbon jenuh yang memiliki rantai karbon yang lurus atau bercabang, dalam kimia organik senyawa parafin dikenal sebagai senyawa alifatis atau senyawa rantai terbuka.

### 2. Senyawa Naphtena

Senyawa naphtena merupakan senyawa hidrokarbon yang memiliki struktur berbentuk cincin, dan biasanya senyawa naphtena disebut dengan senyawa alisiklis.

### 3. Senyawa Aromatik.

Senyawa yang mampu bergabung dengan cincin alisiklik dan memiliki satu atau lebih cincin aromatik. Kelebihan senyawa aromatik dapat menghambat terjadinya oksidasi dan bersifat menjaga kestabilan, dan kekurangannya dapat menurunkan tingkat dielektriknya jika jumlahnya terlalu banyak.

#### b. Senyawa Non Hidrokarbon

Subtansi-subtansi berikut yaitu asphat atau tar, senyawa organik yang terkandung belerang dan nitrogen, asam naphtena, ester, alcohol, dan senyawa organometalik merupakan suatu unsur pokok pada sebuah minyak transformator.

### 2.2.3 Sifat-sifat Isolasi Minyak

Sebuah minyak isolasi transformator harus mempunyai sifat-sifat yang sesuai dengan standar tentang isolasi cair transformator yang terbagi menjadi 2, sifat fisika dari sebuah isolasi minyak dan sifat elektrik.

#### a. Kejernihan

Minyak isolasi bisa dikatakan baik jika memiliki tingkat kejernihan yang rendah sesuai dengan standar SPLN 49-1 tahun 1982 yaitu memiliki skala warna <5. Skala warna dari isolasi minyak sudah ditetapkan dan sudah dijadikan acuan untuk mengetahui tingkat kejernihan pada isolasi minyak. Jika sebuah minyak memiliki warna yang jernih dan bersih hingga hampir menyerupai air, maka minyak tersebut layak dijadikan sebuah isolasi transformator.

## b. Massa Jenis

Standar dari massa jenis sebuah isolasi minyak untuk transformator sesuai dengan SPLN 49-1 tahun 1982 yaitu  $0,8957 \text{ gram/cm}^3$ . Nilai massa jenis ini didapatkan dengan melakukan pengujian pada sebuah sampel isolasi minyak dan pada proses pengujian massa jenis suhu media diharuskan  $20^\circ\text{C}$ . Massa jenis dirumuskan sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots 2.1$$

## c. Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik merupakan suatu laju aliran dari satu titik ke titik lain dan tidak adanya pengaruh dari luar (Perdana, 2017). Kekuatan dari dielektrik cair dipengaruhi oleh tingkat viskositas kinematiknya dikarenakan dari tingkat viskositas suatu isolasi minyak dapat diketahui kandungan kontaminannya (Wibowo, Nugroho, Nugroho, Pertiwi, & Irawan, 2018). Terjadinya kerusakan pada dielektrik cair disebabkan dengan adanya kontaminan pada isolasi minyak. Secara mekanika, viskositas dirumuskan oleh *Poiseuille* menurut hubungan berikut :

$$\mu = \frac{\pi Pr^4 t}{Vl} \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan :

- $\mu$  = viskositas (cSt)
- $p$  = tekanan (atm)
- $r$  = jari-jari tabung (mm)
- $l$  = panjang/tinggi tabung (mm)
- $V$  = volume cairan yang mengalir (mL)
- $t$  = lamanya aliran (s)

Rumus viskositas yang ditulis oleh *Poiseuille* merupakan sebuah rumus viskositas dinamis. Pada umumnya rumus viskositas menggunakan persamaan viskositas kinematik. Dimana persamaan viskositas kinematik ini hasil pembagian nilai viskositas dinamis dengan nilai massa jenis isolasi minyak.

Satuan viskositas kinematik yaitu St (*Stoker*) atau cSt (*centistokes*) (Wibowo, Yuningtyastuti, & Syakur, 2008).

$$V = \frac{\mu}{\rho} \dots\dots\dots 2.3$$

d. Titik Nyala

Sebuah isolasi minyak jika dipanaskan hingga mencapai suatu suhu tertinggi dari minyak tersebut sampai menimbulkan uap yang akan menjadi bunga api dan menyebabkan terjadinya kebakaran. Isolasi minyak diharuskan memiliki titik nyala yang tinggi, agar tidak mudah menyebabkan kebakaran.

e. Titik Tuang

Kemampuan sebuah isolasi minyak bersirkulasi pada kondisi suhu dibawah 0°C. Hal ini diharapkan agar tidak terjadi pembekuan pada isolasi minyak.

f. Kandungan Air

Isolasi minyak harus terbebas dari kandungan air, hali ini menyebabkan terjadinya kegagalan dielektrik dan kerusakan dari isolasi minyak tersebut. Mengenai kandungan air yang terdapat didalam isolasi minyak sudah ditetapkan sesuai dengan SPLN 49-1 tahun 1982 sebesar 30mg/Kg.

g. Tegangan Tembus

Perlunya melakukan pengujian pengukuran isolasi minyak untuk mengetahui tingkat kekuatan tegangan menahan *electric stress* diantara dua elektroda yang dipisahkan dengan celah tertentu.

h. Kekuatan Dielektrik

Suatu bahan atau material yang bisa tahan terhadap suatu tegangan tinggi tanpa menyebabkan kegagalan, yang dipengaruhi oleh sifat molekul dan susunan atom pada sebuah cairan (Suyanto, 2014).

i. Konstanta Dielektrik

Perbedaan penyimpanan energi listrik dari setiap bahan isolastor yang dipengaruhi oleh molekul-molekul penyusun pada setiap bahan tersebut. Muatan positif internal dan muatan negative internal yang mengalami pergeseran kedudukan relatifnya terhadap gaya atomik dan molekular sehingga menyebabkan terjadinya penyimpanan energi listrik (Sayogi, 2010).

## 2.2.4 Jenis-jenis Merek Minyak Transformator

### a. Shell Diala B

Minyak trafo Shell Diala B adalah isolasi cair dengan ketahanan terhadap oksidasi sangat diperlukan. Minyak Shell Diala B diperuntukan untuk beberapa peralatan listrik yaitu untuk isolasi cair transformator. SHELL menawarkan jenis minyak transformator yang disesuaikan kebutuhan masing-masing jenis transformator menurut standar nasional maupun internasional yang telah ditetapkan seperti standar IEC 60296 - 2012, ASTM D 3487 - 2009 Tipe I & II, EN BS 60296, BS 148 - 1998 Kelas I/IA & II/IIA, DIN 57370 / VDE 7370, AS. 1767.1 - 1999 dan Doble's TOPS, IS 335 – 1993, IS 12463 – 1988, dan utamanya standar yang digunakan oleh PT PLN (Persero) yaitu standar SPLN 49-1 tahun 1982 (SHELL, 2005).

Minyak dengan tipe Diala B adalah jenis minyak trafo yang digunakan sebagai isolasi pada PT PLN (Persero). Untuk spesifikasi dari minyak Diala B dapat dilihat pada tabel 6.3 Spesifikasi Diala B.

<b>SHELL INDUSTRIAL OILS Diala B - Electrical Insulating Oils</b>	
<b>VISCOSITY ( Kekentalan ) minyak pada kondisi suhu:</b>	
0 <sup>o</sup> C	66
40 <sup>o</sup> C	9.3
100 <sup>o</sup> C	2.6
Pour Point ( Jumlah kandungan lilin parafin yg menentukan kadar kebekuan minyak )	-47 s/d -55 <sup>o</sup> C
Flash Point ( Temperatur minimum dimana minyak akan membentuk uap yang mudah terbakar )	155 <sup>o</sup> C
Interfacial Tension ( daya tarik antar molekul minyak dan molekul air, satuannya : dyne/cm )	47
Dielectric Strength @ 60 Hz ( Tegangan Tembus dengan celah elektroda 1.02 mm )	34 kV
<b>TAN DELTA ( Selisih derajat elektrik rugi2 minyak Trafo )</b> * untuk bahan dielektrik yg dikatakan sempurna, apabila dilalui tegangan AC, maka arus akan mendahului tegangan sebesar 90 <sup>o</sup> ( Leading ), pada kenyataannya tidaklah demikian, sudut yang kurang dari 90 <sup>o</sup> disebut sebagai sudut rugi-rugi. Tangen dari sudut rugi-rugi tersebut disebut sebagai faktor disipasi dielektrik. Minyak yang baik harus memiliki TAN DELTA sekecil mungkin.	< 0,01 <sup>o</sup>

Tabel 2.1 Spesifikasi Diala B (SHELL, 2015)

b. Apar Poweroil TO 20

APAR merupakan nama pabrik pembuat minyak transformator dengan tempat pembuatannya di Negara India. Produk yang dihasilkan merupakan jenis berkualitas tinggi dari bahan dasar hydrocracked napthenic dan isodewaxed (hydrocracked isoparaffinic). Pengolahan dilakukan secara bebas dari senyawa oksidasi dan memiliki sifat penuaan yang sangat tinggi untuk menjamin umur pemakaian yang lebih lama. Minyak yang dibuat dari bahan sulphur yang rendah memberikan konsentrasi yang rendah pula untuk memastikan karakteristik dari konsentrasi viskositas kinematik menjadi rendah, agar dalam proses pendinginan menjadi baik, dan tingkat korosivitas menjadi rendah. Bahan parafin halus yang sangat rendah menghasilkan sifat non korosif. Minyak dengan produk ini pula juga memiliki sifat listrik dan isolasi yang sangat baik, stabilitas oksidasi, dan kecenderungan gas buang yang rendah. Upaya ekstensif dilakukan untuk menjamin kadar minyak agar memenuhi persyaratan kontrol minyak non korosif dengan tingkat perlakuan yang sangat ketat (APAR, 2015).

APAR menawarkan jenis minyak transformator yang disesuaikan kebutuhan masing-masing jenis transformator menurut standar nasional maupun internasional yang telah ditetapkan seperti standar IEC 60296-2012, ASTM D 3487 - 2009 Tipe I & II, EN BS 60296, BS 148 - 1998 Kelas I / IA & II / IIA, DIN 57370 / VDE 7370, AS. 1767.1 - 1999 dan Doble's TOPS, IS 335 – 1993, IS 12463 – 1988, dan utamanya standar yang digunakan oleh PT PLN (Persero) yaitu standar SPLN 49-1:1982 (APAR, 2015).

### 2.3 Teori Kegagalan Isolasi Minyak Transformator

Sampai saat ini masih belum didapatkan mengenai teori kegagalan dalam isolasi zat cair, dan tidak ada penjelasan yang benar-benar sesuai dengan keadaan sebenarnya mengenai peroses terjadinya kegagalan pada zat cair (Singgih & Berahim, 2009).

Peroses terjadinya kegagalan dalam isolasi zat cair akan terjadi sangat cepat jika kemurnian dalam zat cair mengalami perubahan. Terdapatnya partikel-partikel

padat dalam zat cair, serta terdapatnya uap air, habkan gelembung gas pada zat cair akan menjadai sebuah pengaruh kegagalan isolasi (Abduh, 2003). Berdasarkan teori isolasi zat cair dibagi menjadi empat macam yaitu (Arismunandar, 1983):

1. Teori kegagalan zat murni atau 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.

2. Teori kegagalan gelembung gas

Gelembung gas yang berada di dalam isolasi cair dapat menyebabkan terjadinya kavitasi atau kegagalan gelembung. Adanya gelembung yang berusaha membuat energi potensial menjadi minimum sehingga dapat menyebabkan gelembung udara yang berada didalam isolasi cair menjadi searah dengan medan. Ikatan antar gelembung yang memanjang akan membentuk sebuah jembatan, dan kondisi seperti itulah merupakan awal mula proses terjadinya kegagalan.

3. Teori kegagalan bola cair

Ketidak stabilan bola cair dalam suatu medan listrik menyebabkan terjadinya kegagalan, hal ini di sebabkan oleh kandungan bola cair dari jenis cairan lain yang terdapat dalam suatu zat cair. Tetesan bola cair yang tertahan di dalam minyak akan berubah memanjang searah dengan medan serta jika tetesan bola cair ini terdapat pada medan yang kritis dapat menyebabkan ketidak stabilan hal ini disebabkan oleh adanya medan listrik. Terjadinya kegagalan total disebabkan oleh memanjangnya bola cair hingga dua pertiga dari celah elektroda.

4. Teori kegagalan tak murnian padat

Adanya partikel zat padat berupa debu dan sebagainya yang berada didalam isolasi cair dapat menyebabkan terjadinya kegagalan isolasi cair, hal ini disebabkan oleh terbentuknya penghantar aliran di dalam isolasi cair.

#### 2.4 Standarisasi Pengujian Isolasi Minyak Transformator

No.	Sifat Minyak Isolasi	Satuan	Kelas 1	Kelas 2	Metode Uji	Tempat Uji	
1.	Kejernihan	-	Jernih ( $\leq 5$ )		IEC 296	Ditempat	
2.	Massa Jenis (20°C)	g/cm <sup>3</sup>	$\leq 0,895$		IEC 296	Laboratorium	
3.	Viskositas (20°C)	cST	$\leq 40$	$\leq 25$	IEC 296	Laboratorium	
	Kinematik (-15°C)	cST	$\leq 800$	-			
	(-30°C)	cST	-	$\leq 1800$			
4.	Titik Nyala	°C	$\geq 140$	$\geq 130$	IEC 296A	Laboratorium	
5.	Titik Tuang	°C	$\leq 30$	$\leq 40$	IEC 296	Laboratorium	
6.	Angka Kenetralan	mg KOH/g	$< 0,03$		IEC 296	Ditempat	
7.	Korosi Belerang	-	Tidak Korosif		IEC 296	Laboratorium	
8.	Tegangan Tembus	kV/2,5 mm	$\geq 30$		IEC 156 &	Ditempat	
	a. Sebelum Diolah				$\geq 50$	IEC 296	Laboratorium
	b. Sesudah Diolah				$\geq 50$		
9.	Faktor Kebocoran Dielektrik	-	$\leq 0,05$		IEC 250	Laboratorium	
10.	Ketahanan Oksidasi		$\leq 0,40$		IEC 474 &	Laboratorium	
	a. Angka Kenetralan	mg KOH/g				IEC 74	-
	b. Kotoran	%			$\leq 0,10$	-	-

(Sastrodinoto & dkk, 1982)

Tabel 2.2 Standar isolasi baru untuk transformator sesuai dengan SPLN 49-1 Tahun 1982

Nilai Tegangan Tembus Minimal	Batasan
50 kV	Untuk tegangan > 170 kV
40 kV	Untuk teg. 70 – 170 kV
30 kV	Untuk tegangan < 70 kV

(Sastrodinoto & dkk, 1982)

Tabel 2.3 Spesifikasi tegangan tembus dari minyak transformator sesuai SPLN 49-1 Tahun 1982

## 2.5 Minyak Kemiri Sunan

Kemiri sunan atau dengan nama ilmiahnya *Reutealis triperma* Blanco tanaman ini berasal dari Filipina yang berpotensi sebagai alternatif biodiesel. Minyak kemiri sunan memiliki nama lain yaitu jarak kebo, kemiri racun, jarak bandung, dan ada juga yang menyebutnya dengan nama kaliki banten. Menurut (Barley, 1950; Kataren, 1986) minyak kayu cina atau tung oil merupakan hasil dari pengolahan dari biji kemiri sunan. Biji kemiri jenis ini 45-50% mengandung minyak (Syakir & Karmawati, 2013). Tanaman kemiri sunan berasal dari Filipina, diperkirakan masuk ke Indonesia ratusan tahun yang lalu (Heyne, 1987). Biji kemiri sunan banyak mengandung racun, hal ini menyebabkan kurang berkembangnya kemiri sunan jika dibandingkan dengan kemiri jenis *mulaccana* yang biasa digunakan untuk masakan.

Perbedaan fisik biji kemiri sunan dengan biji kemiri biasa yaitu, pada kemiri biasa hanya terdapat dua biji saja pada setiap buahnya, sedangkan biji kemiri sunan terdapat lebih dari dua biji pada setiap buahnya. Adapun bentuk fisik buah kemiri sunan sebagai berikut.



Gambar 2.1 Biji Kemiri Sunan (Sianipar, 2017).

Kemiri sunan memiliki kandungan minyak yang relatif sangat tinggi, maka dari itu kemiri sunan berpotensi besar untuk di jadikan sebagai bahan bakar nabati (BBN). Pada bagian kernel dari kemiri sunan terdapat rendemen minyak yang tinggi, untuk mengekstrak minyak kemiri sunan bisa dilakukan dengan cara mekanis yaitu dilakukan pengepresan biji kemiri sunan juga bisa dilakukan dengan cara dilarutkan dengan pelarut kimiawi (Aunillah & Pranowo, 2012).



Tanaman kemiri sunan memiliki keistimewaan yaitu dapat tumbuh dan beradaptasi dengan tipe tanah apapun. Suhu optimal untuk tumbuh dan kembang kemiri minyak antara 18,7° C-26,2° C, dengan PH tanah 5,4-7,1. Tanaman ini juga dapat tumbuh baik di daratan rendah hingga 1000 m diatas permukaan laut (Syakir dan karmawati, 2015; 16). 56% minyak dihasilkan dari biji kemiri sunan dan minyak yang dihasilkan dari biji kemirisunan ini memiliki warna kuning bening. Sisa dari pengolahan biji kemiri sunan antara lain bungkil yang terdapat kandungan fosfor sebesar 0,5%, kandaungan nitrogen sebesar 6% nitrogen dan kandungan natrium sebesar 1,7% (Vossen & Umali, 2002).

Untuk memperoleh minyak kemiri sunan murni terlebih dahulu bijinya dipecah dan diperah, baru selanjutnya diekstraksi. Ada 2 metode untuk mendapatkan minyak kemiri sunan murni yaitu (Pranowo, 2009):

- a) Biji dikeringkan sampai kadar airnya mencapai 7% lalu kemudian dipres dengan alat pengepres
- b) Biji dikupas terlebih dahulu lalu daging buah/kernalnya dikeringkan hingga kadar airnya mencapai 7% selanjutnya dilakukan pengepresan

Dari kedua metode pengolahan tersebut volume minyak yang dihasilkan secara kuantitas maupun kualitasnya metode dengan cara kedua lebih baik dibandingkan dengan metode dengan cara yang pertama. Karena memiliki ikatan rangkap dan mudah mengering maka minyak kemiri sunan dapat digunakan untuk bahan baku pengawet kayu dan venis. Komponen penyusun buah kemiri sunan antara lain 62% - 68% merupakan kulit buah, 11% - 16% merupakan tempurung dari biji dan 16% - 27% adalah kernel (Herman & Pranowo, 2011). Berikut tabel hasil pengolahan minyak kemiri sunan yang telah dilakukan dengan cara press manual (Syakir & Karmawati, 2013) :

Tabel 2.4 Hasil Pengolahan Minyak Kemiri Sunan

Peubah	Nilai
Angka asam (mg KOH/g minyak)	6,35
Angka sabun (mg KOH/g minyak)	187,6
Angka iodium (%)	140,73
Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	993
Viskositas kinematik (mm <sup>2</sup> /s)	107,004

Sumber : Buku Bahan Bakar Nabati Kemiri Sunan

Sebuah alternatif isolasi transformator yang berbahan dasar minyak nabati yaitu minyak kemiri sunan meliputi beberapa aspek sebagai berikut :

1. Titik didih maupun titik nyala dari minyak kemiri sunan sudah memenuhi standar untuk sebuah minyak isolasi transformator, dari segi aspek karakteristiknya.
2. Tingkat produktivitas minyak yang cukup tinggi dari tanaman kemiri sunan, serta hasil minyak kemiri sunan dari segi harga masih lebih murah minyak kemiri sunan dibanding dengan minyak nabati lain yang sudah beredar dipasaran, hal ini mencakup dua aspek yaitu aspek produktivitas dan aspek ekonomis.

## 2.6 Zat Aditif BHT

BHT atau *Butylated Hydroxytoluene* merupakan organik bio-aktif lipofilik dan turunan fenol yang ditambahkan ke dalam banyak bahan makanan untuk mencegah pembusukan lemak dan sebagai aditif untuk banyak produksi farmasi (Panicker Varuna P, George Sisilamma, dan B Dhanush Khrisna., 2014). BHT atau *Butylated Hydroxytoluene* merupakan anti oksidan dari golongan *true antioxidants*, BHT sendiri berbentuk hablur padat, berwarna putih, dan memiliki bau yang khas. BHT ini tidak mudah larut dalam air, akan tetapi dalam etanol dengan kadar 95% BHT dapat mudah larut dan juga dapat mudah larut dengan minyak.

BHT memiliki rumus kimia yaitu C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>O, dengan sifat fisika diantaranya titik memiliki lebur sebesar 70°C, titik didih 182°C, berat molekul 220,35 gram/mol, kepadatan 1.05 gr/cm<sup>3</sup>. *Butylated hydroxytoluene*, juga dikenal sebagai *dibutyl hydroxytoluene*. Sifat kimia dari BHT antara lain mengandung senyawa hidrokarbon hal tersebut sebagai penghambat oksidasi dan penjaga kestabilan sehingga dapat memperbaiki kualitas minyak.

### BAB. 3 METODE PENELITIAN

Pada penelitian yang dilakukan ini, untuk memperoleh data dan hasil dari penelitian yang sesuai dengan tujuan, maka dilakukan beberapa tahapan-tahapan pada proses penelitian ini.

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dengan judul “**Uji Karakteristik Bio Minyak Trafo Berbahan Dasar Minyak Kemiri Sunan dengan Penambahan Zat Aditif *Butylated Hydroxytoulene* (BHT) Sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator Daya 150 kVA**” dilakukan di berbagai tempat. Adapun tempat dan waktu penelitian, serta pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.1 Waktu dan tempat penelitian

Karakteristik Pengujian	Tempat Pengujian	Waktu Pengujian
Massa Jenis	Laboratorium Kimia Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Jember	Maret 2020
Viskositas Kinematik	Laboratorium Farmasetika Fakultas Farmasi Universitas Jember	

Proses penelitian dan pengujian dilaksanakan setelah dilakukannya seminar proposal dengan rincian jadwal kegiatan sebagai berikut.

Tabel 3.2 Jadwal kegiatan penelitian

No	Kegiatan	Bulan															
		Februari				Maret				April				Mei			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan	■	■														
2	Studi Literatur			■	■												
3	Pengumpulan Literatur				■	■											
4	Melakukan Pengujian					■	■	■									
5	Menganalisa Hasil Pengujian							■	■	■							
6	Analisa Data							■	■	■							
7	Membuat Pembahasan							■	■	■							
8	Penulisan Laporan							■	■	■							
9	Pengambilan Kesimpulan									■							
10	Revisi										■	■	■	■	■		
11	Seminar Hasil															■	
12	Revisi															■	■
13	Sidang																■

Keterangan :

■ Kegiatan Berlangsung

### 3.2 Prosedur Penelitian

Berikut adalah langkah-langkah penelitian yang dilakukan :

- a. Tahap Persiapan  
Memperkirakan komponen apa saja yang akan digunakan pada penelitian ini.
- b. Studi Literatur  
Mengumpulkan data dan mempelajari tentang karakteristik minyak kemirisan sebagai alternatif isolasi cair transformator.
- c. Pengumpulan Data  
Mencari dan mengumpulkan parameter-parameter pengukuran pada karakteristik fisika yang akan diujikan.

d. Melakukan Pengujian

Melakukan pengujian karakteristik fisika pada minyak dengan nama sampel komposisi A, dimana minyak dengan nama sampel komposisi A, merupakan campuran minyak kemiri sunan dan aditif BHT, setelah itu campuran minyak kemiri sunan dan BHT akan ditambahkan lagi dengan Minyak Apar Poweroil TO 20. Adapun pengujian karakteristik fisika yang akan diujikan yaitu :

- 1) Massa Jenis.
- 2) Viskositas Kinematik.

e. Melakukan Analisis Hasil Pengujian

Dari data yang telah diperoleh akan dianalisis berdasarkan karakteristik yang didapat.

f. Analisis Data

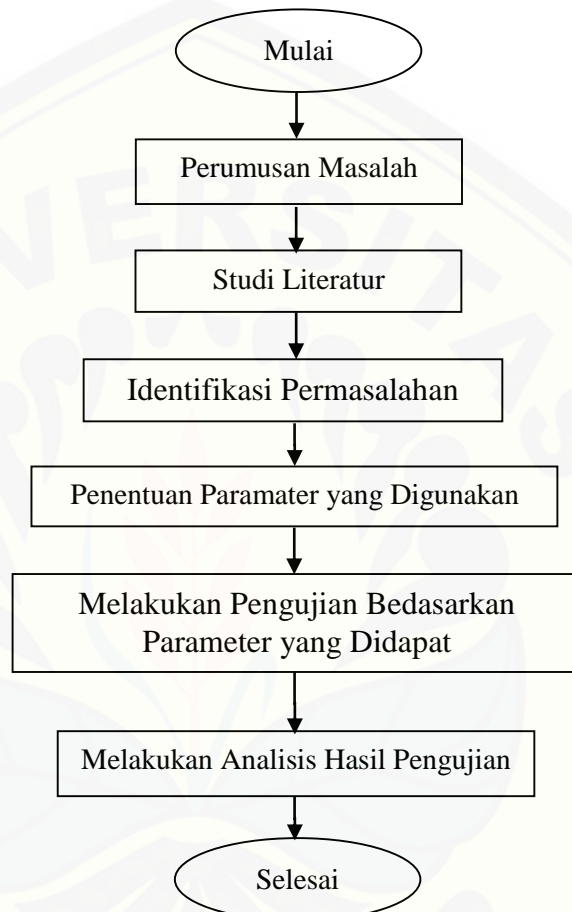
Analisis data dilakukan setelah mengetahui atau mendapatkan hasil dari pengujian, setelah itu data diolah dengan menggunakan regresi sederhana dan analisis korelasi.

g. Membuat Pembahasan

Setelah menganalisis data, data yang sudah dianalisis akan dijabarkan dalam pembahasan.

### 3.3 Diagram Alir Penelitian

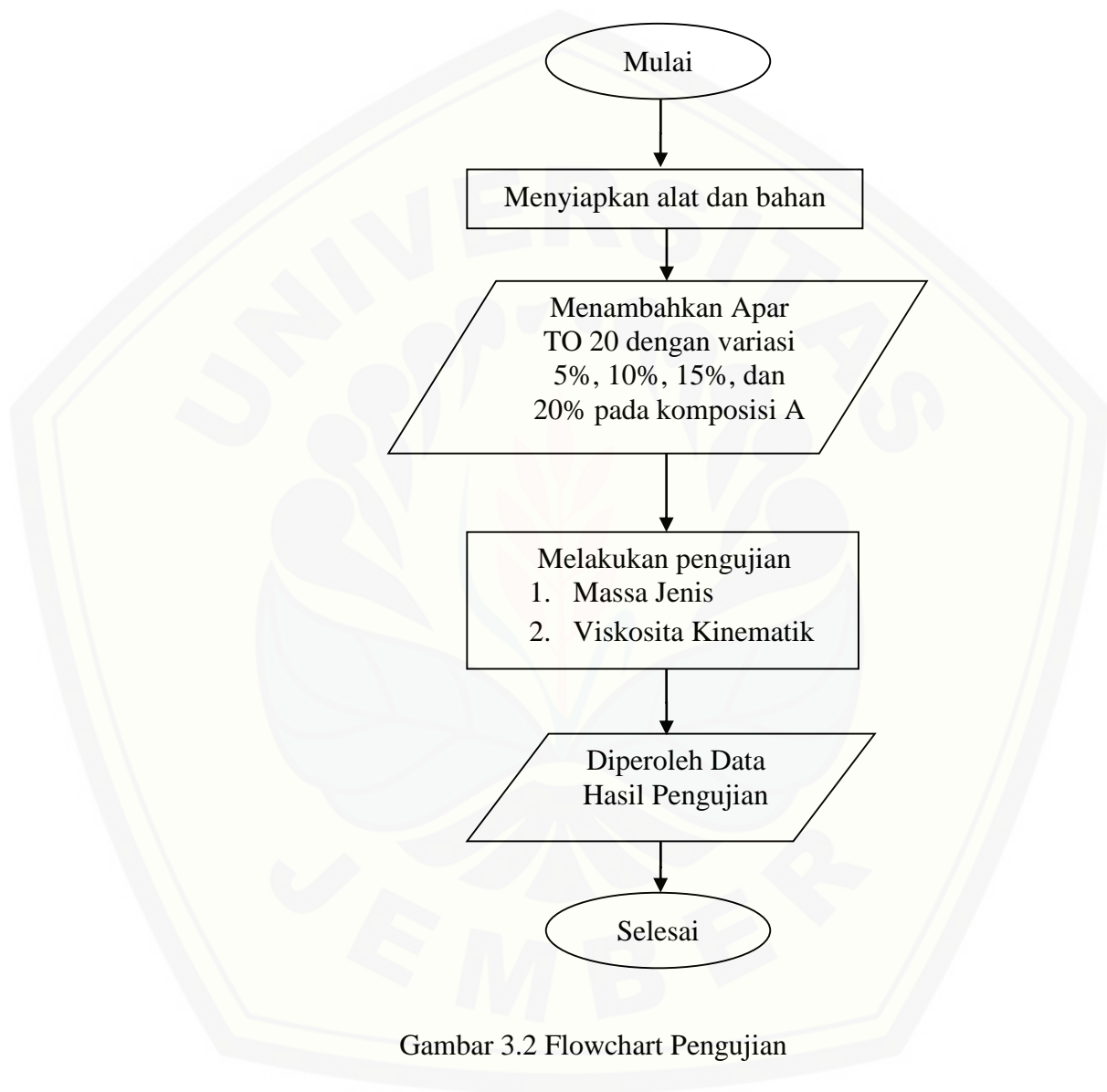
Pada sub bab ini menjelaskan tentang alur penelitian secara umum yang dilakukan untuk mendapatkan data-data dan hasil hubungan analisis.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Flowchart Pengujian

Pada sub bab ini membahas tentang bagaimana alur penelitian secara spesifik yang dilakukan secara terstruktur.



Gambar 3.2 Flowchart Pengujian

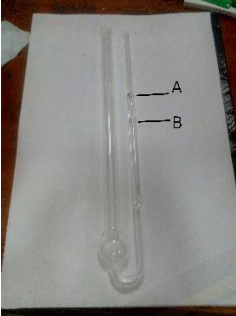

### 3.5 Alat dan Bahan

Berikut alat-alat dan bahan yang diperlukan pada penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

a. Alat

Alat	Keterangan
 <p data-bbox="453 882 759 913">Gambar 3.3 Piknometer</p>	<p data-bbox="890 573 1054 604">Piknometer :</p> <p data-bbox="890 636 1356 835">Alat ini digunakan pada pengujian massa jenis. Alat ini digunakan untuk tampungan sampel yang akan ditimbang.</p>
 <p data-bbox="397 1274 815 1305">Gambar 3.4 Timbangan Analitik</p>	<p data-bbox="890 936 1166 967">Timbangan Analitik :</p> <p data-bbox="890 999 1356 1144">Alat ini digunakan untuk mengetahui massa jenis pada setiap sampel pengujian.</p>
 <p data-bbox="448 1686 767 1718">Gambar 3.5 Gelas Beker</p>	<p data-bbox="890 1332 1066 1364">Gelas Beker :</p> <p data-bbox="890 1395 1321 1541">Digunakan pada pengujian massa jenis untuk menakar sampel yang akan di ujikan.</p>



 <p data-bbox="392 651 820 685">Gambar 3.6 Viskometer Ostwald</p>	<p data-bbox="890 315 1171 349">Viskometer Ostwald :</p> <p data-bbox="890 376 1358 629">Alat ini digunakan untuk melakukan pengujian viskositas kinematik. Alat ini digunakan untuk mengetahui kecepatan laju alir pada setiap sampel bio minyak trafo</p>
 <p data-bbox="440 1055 772 1088">Gambar 3.7 Pipette Pump</p>	<p data-bbox="895 712 1086 745"><i>Pipette Pump :</i></p> <p data-bbox="890 772 1358 913">Alat ini digunakan untuk menghisap cairan yang ada pada viskometer <i>Ostwald</i>.</p>

#### b. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu campuran minyak kemiri sunan dengan zat aditif *Butylated Hydroxytoulene* (BHT), dan minyak transformator dengan merek Apar Poweroil TO 20.

### 3.6 Hipotesa

1. Persentase variasi dari penambahan takaran minyak transformator dapat mempengaruhi sifat fisika seperti massa jenis dari minyak kemiri sunan. Tujuan dari persentase variasi dari penambahan takaran minyak transformator agar menekan penggunaan zat aditif BHT dikarenakan zat aditif BHT dapat menaikkan massa jenis maupun viskositasnya.
2. Dari data penelitian sebelumnya didapatkan data terbaik setelah itu, dilakukan persentase takaran minyak kemiri sunan dan BHT serta menentukan persentase minyak transformator sebesar 5% hingga 20% dengan kenaikan persentase takaran 5% setiap sampelnya.

### 3.7 Prosedur Pengujian

#### 3.7.1 Pemetaan Sampel

Pada penelitian ini komposisi minyak kemiri sunan dengan BHT mengacu pada komposisi di penelitian yang telah dilakukan oleh Ade Firmansyah pada tahun 2019 dengan Judul penelitian “Analisis Pengaruh BHT Terhadap Karakteristik Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator Daya”. Pada penelitian sebelumnya campuran minyak kemiri sunan dengan BHT yang memiliki nilai tegangan tembus sesuai dengan SPLN 49-1 Tahun 1982 yaitu  $>30$  kV/2,5mm, terdapat pada komposisi minyak kemiri sunan dengan penambahan BHT sebesar 20%, nilai tegangan tembusnya sebesar 34,97 kV/2,5mm. akan tetapi pada komposisi dengan penambahan BHT sebesar 20% ini, nilai massa jenis tidak memenuhi standar yaitu  $0,9070$  gram/cm<sup>3</sup>, untuk standar SPLN 49-1 Tahun 1982 yaitu maksimal  $0,8957$  gram/cm<sup>3</sup>.

Dari data yang telah dilakukan pada penelitian (Ade Firmansyah, 2019) menjadi acuan pada penelitian ini yaitu untuk memperbaiki karakteristik Fisika dari minyak kemiri sunan dengan penambahan BHT. Karakteristik fisika yang akan dilakukan pengujian yaitu viskositas kinematik dan khususnya pengujian massa jenis, agar minyak kemiri sunan dapat dijadikan sebuah alternatif bahan baku isolasi cair dengan penambahan zat aditif BHT. Pada penelitian ini komposisi minyak kemiri sunan dengan penambahan persentase BHT 20% yaitu 800ml minyak kemiri sunan dan 200ml BHT, menjadi komposisi dengan nama komposisi A. Komposisi A ini yang akan di tambahkan dengan variasi Apar Poweroil TO 20 sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20%. Komposisi *Bio Minyak Trafo* dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Persentase Komposisi *Bio Minyak Trafo*

Kapasitas	Jumlah Komposisi		Persentase Apar Poweroil TO 20
	Komposisi A	Apar Poweroil TO 20	
1000 ml	950 ml	50 ml	5%
	900 ml	100 ml	10%
	850 ml	150 ml	15%
	800 ml	200 ml	20%

### 3.7.2 Prosedur Pengujian Massa Jenis

Pengujian massa jenis dilakukan pada sampel minyak murni setelah itu dilakukan juga pada minyak kemiri sunan yang telah ditambahkan beberapa variasi dari aditif BHT serta Miinyak transformator merek Apar Poweroil TO 20. Beberapa parameter yang diperlukan untuk pengujian massa jenis yaitu massa dan volume benda yang diukur. Untuk standar massa jenis pada isolasi minyak yang sesuai dengan SPLN 49-1 tahun 1982 sebesar  $< 0,895 \text{ gram/cm}^3$ .

Langkah-langkah dalam melakukan pengujian massa jenis, pertama menimbang piknometer yang akan digunakan dengan timbangan analitik yang bertujuan, agar dapat mengetahui berapa massa dari piknometer tersebut. Piknometer ini berguna sebagai tempat penampungan atau wadah dari sampel minyak yang akan di ujikan massa jenisnya. Setelah melakukan penimbangan dan mencatat berapa massa dari piknometer tersebut, barulah tuang sampel minyak yang akan di ujikan ke dalam piknometer hingga piknometer terisi penuh dengan sampel minyak dan tutup piknometer dengan penutupnya agar sampel minyak yang berada didalam piknometer tidak tumpah. Setelah itu piknometer yang berisi sampel minyak tersebut ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik dan catat hasil penimbangannya. Proses ini dilakukan sebanyak tiga kali replikasi atau tiga kali pengulangan agar mendapatkan hasil yang akurat dari setiap sampelnya. Setiap melakukan penimbangan pada sampel yang berbeda piknometer terlebih dahulu dibersihkan menggunakan *alcohol*.

Adapun data parameter proses pengujian massa jenis dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Parameter untuk Menentukan Massa Jenis

Parameter	Alat yang digunakan	nilai
Massa	Piknometer	. . . gram
Volume	Gelas Beker	. . . ml

### 3.7.3 Prosedur Pengujian Viskositas Kinematik

Pengujian viskositas kinematik bertujuan untuk mengetahui tingkat kekentalan pada suatu bahan isolasi cair transformator. Viskositas sendiri berpengaruh besar pada kemurnian dari dielektrik cair (Wibowo W K dkk, 2018). Bahan dielektrik bisa dikatakan baik jika memiliki nilai viskositas yang rendah, dengan rendahnya nilai viskositas kemungkinan isolasi cair terkontaminasi akan semakin kecil. Menurut standar dari SPLN 49-1 Tahun 1982 untuk nilai viskositas pada isolasi cair transformator yaitu harus memiliki nilai  $< 0.8957 \text{ gram/cm}^3$ .

Pengujian viskositas kinematik dilakukan dengan cara pertama mengisi viskometer *ostwald* pada Gambar 3.6 dengan sampel minyak sebanyak 3 ml, setelah itu hisap minyak yang sudah dituang pada viskometer *Ostwald* menggunakan *pipette pump* Gambar 3.7. Hisap sampel minyak yang ada pada viskometer sampai menyentuh batas atas yang ditandai dengan tanda garis A, setelah sampel minyak sudah menyentuh batas atas barulah lepaskan *pipette pump* dan cairan akan melaju turun dikarenakan gaya gravitasi, dan amati kecepatan cairan yang mulanya berada pada batas atas dengan tanda garis A sampai turun menyentuh batas bawah dengan tanda garis B, pada proses melajunya sampel minyak dari batas atas ke batas bawah ukur kecepatan turunnya minyak dengan *stopwatch* untuk mengetahui berapa waktu yang diperlukan cairan untuk turun dari awal batas atas ke batas bawah. Dan setelah itu catat hasil kecepatan yang didapat. Percobaan tersebut dilakukan sebanyak tiga kali pada setiap sampelnya.

Berikut merupakan parameter-parameter yang diukur pada pengujian viskositas kinematik dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Data Parameter Pengujian Viskositas kinematik

No	Parameter	Nilai
1	Volume Cair yang Mengalir	... ml
2	Tinggi Viskometer	... mm
3	Tekanan	... atm
4	Jari-jari	... mm

### 3.8 Pengolahan Data

#### 3.8.1 Pengolahan Data Hasil Pengujian Massa Jenis

Setelah mendapatkan nilai massa minyak dari hasil penimbangan dan juga mendapatkan nilai volume pada setiap sampel minyak, data tersebut akan dihitung menggunakan persamaan 3.1 dan perhitungan massa jenis ini dilakukan pada setiap sampel dan dilakukan perhitungan juga pada ketiga pengulangan di setiap sampelnya. Dari perhitungan ketiga pengulangan didapatkan nilai massa jenis rata-rata pada setiap sampelnya. Data perhitungan massa jenis dapat dilihat pada tabel 3.6.

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan :

$\rho$  = Massa Jenis (gram/cm<sup>3</sup>)

m = Massa (gram)

v = Volume (ml)

Tabel 3.6 Data Pengujian Massa Jenis

Variasi Apar Poweroil TO 20 (%)	Massa Jenis (gram/cm <sup>3</sup> )			Rata-rata massa jenis (gram/cm <sup>3</sup> )
	1	2	3	
5				
10				
15				
20				

Setelah mendapatkan nilai rata-rata massa jenis pada setiap sampel, maka dilakukan analisis mengenai penambahan dari Apar Poweroil TO 20 terhadap nilai massa jenis bio minyak trafo dengan menggunakan grafik regresi polinomial dan setelah itu menghitung korelasinya. Untuk mengetahui kelayakan bio minyak trafo sebagai alternatif bahan baku dari isolasi cair transformator, maka hasil dari pengujian akan dibandingkan dengan nilai standar massa jenis SPLN 49-1 Tahun 1982. Untuk tabel perbandingan dapat dilihat pada Tabel 3.8.

### 3.8.2 Pengolahan Data Hasil Pengujian Viskositas Kinematik

Data parameter yang didapatkan pada pengujian viskositas kinematik antara lain volume viskometer, tinggi viskometer, jari-jari, laju cairan dan tekanan. Data parameter-parameter tersebut akan digunakan untuk melakukan perhitungan agar dapat mengetahui nilai viskositas kinematik dari sampel bio minyak trafo. *Poiseuille* merumuskan viskositas secara mekanika sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\pi Pr^4 t}{vl} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

- $\mu$  = viskositas (cSt)
- $p$  = tekanan (atm)
- $t$  = lamanya aliran (s)
- $v$  = volume cairan yang mengalir (ml)
- $l$  = panjang/tinggi tabung (mm)
- $r$  = jari-jari tabung (mm)
- $\rho$  = massa jenis (gram/cm<sup>3</sup>)

Rumus viskositas yang dirumuskan oleh *Poiseuille* merupakan rumus viskositas dinamis atau viskositas mutlak, akan tetapi rumus viskositas kinematik yang biasa digunakan, rumus viskositas kinematik sendiri merupakan hasil pembagian dari nilai viskositas dinamis dibagi dengan nilai massa jenis minyak. Dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$V = \frac{\mu}{\rho} \dots\dots\dots(3.3)$$

Perhitungan viskositas kinematik dilakukan pada ketiga pengulangan pengujian pada setiap sampelnya, dari perhitungan ketiga pengulangan ini akan didapatkan nilai rata-rata pada setiap sampel. Hasil perhitungan viskositas kinematik dapat dilihat pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Data Pengujian Viskositas Kinematik

Variasi Apar Poweroil TO 20 (%)	Waktu Laju Alir (s)			Viskositas 20°C (cSt)
	1	2	3	
5				
10				
15				
20				

Setelah mendapatkan nilai rata-rata dari pengujian viskositas kinematik pada setiap sampel, maka dilakukan analisis mengenai penambahan dari Apar Poweroil TO 20 terhadap nilai viskositas kinematik bio minyak trafo dengan menggunakan grafik regresi polinomial dan setelah itu menghitung korelasinya. Untuk mengetahui kelayakan bio minyak trafo sebagai alternatif bahan baku dari isolasi cair transformator, maka hasil dari pengujian akan dibandingkan dengan nilai standar massa jenis SPLN 49-1 Tahun 1982. Untuk tabel perbandingan dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Perbandingan Parameter Hasil Pengujian dengan Standar SPLN 49-1 1982

Variasi Apar Poweroil TO 20	Karakteristik				Keterangan
	Massa Jenis (gram/cm <sup>3</sup> )		Viskositas Kinematik (cSt)		
	Hasil Pengujian	SPLN 49-1 Tahun 1982	Hasil Pengujian	SPLN 49-1 Tahun 1982	
5%		<b>&lt; 0,8957 gram /cm<sup>3</sup></b>		<b>&lt; 40 cSt</b>	
10%					
15%					
20%					



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil uji karakteristik bio minyak trafo berbahan dasar campuran minyak kemiri sunan dan BHT (*Butylated Hydroxytoulene*) dengan penambahan Apar Poweroil TO 20, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 pada setiap sampel mempengaruhi karakteristik fisika dari bio minyak trafo sebagai alternatif isolasi cair transformator. Semakin besar penambahan variasi dari Apar Poweroil TO 20, maka nilai massa jenis dan nilai viskositas kinematik menunjukkan nilai yang semakin membaik sesuai dengan SPLN 49-1 Tahun 1982. Dimana pada penambahan Apar Poweroil TO 20 sebesar 5%, 10%, 15% dan 20% nilai massa jenis menurun dari 0,8607 gram/cm<sup>3</sup> hingga 0,8397 gram/cm<sup>3</sup> dan nilai viskositas kinematik dari 20.7 cSt hingga 10.4 cSt.
2. Berdasarkan hasil pengujian karakteristik fisika yaitu pengujian massa jenis dan pengujian viskositas kinematik untuk persentase komposisi bio minyak trafo semuanya menunjukkan hasil yang baik, komposisi tersebut yaitu pada variasi Apar Poweroil TO 20 sebanyak 5%, 10%, 15% dan 20%. Dimana dari empat persentase tersebut nilai massa jenis dan viskositas kinematik memenuhi standar SPLN 49-1 Tahun 1982.

### 5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan pengujian tentang karakteristik elektrik yaitu pengujian tegangan tembus secara langsung agar dapat mengetahui nilai tegangan tembus apakah sesuai dengan hasil prediksi dan juga dilakukan pengujian skala warna agar dapat memaksimalkan data parameter kelayakan minyak kemiri sunan sebagai bahan baku utama alternatif isolasi cair transformator yang sesuai dengan standar SPLN 49-1 Tahun 1982.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, S. (2003). *Teori Kegagalan Isolasi*. Jakarta: Universitas Trisakti.
- Adibah, F. (2016). Studi Karakteristik Minyak Jarak Sebagai Alternatif Isolasi Cair pada Transformator Daya Menggunakan Destilasi Vakum dengan Variasi Venol.
- Arismunandar, A. (1983). *Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Aunillah, A., & Pranowo, D. (2012). Karakteristik Biodiesel Kemiri Sunan [Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw] Menggunakan Proses Transesterifikasi Dua Tahap. *Buletin RISTR I*, 193-200.
- Cippratama, R. (2017). Karakteristik Minyak Jarak Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Transformator dengan Variasi Fenol dan Apar Poweroil TO 20. *Teknik Elektro Universitas Jember*.
- Firmansyah, A. (2019). Analisis Pengaruh BHT Terhadap Karakteristik Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator Daya.
- Herman, M., & Pranowo, D. (2011). Karakteristik buah dan minyak kemiri sunan (Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw) populasi Majalengka dan Garut. *Buletin Ristri*, 2(1), 21-27.
- Kurahman, H. T., & Abduh, S. (2016, Februari). Studi Tegangan Tembus Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Transformator Daya. *Jetri*, 13, 11-28.
- Marsudi, D. (2011). *Pembangkitan energi listrik*. (W. Santika, & L. Simarmata, Eds.) Jakarta: Erlangga.
- Perdana, F. (2017). Studi Karakteristik Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Transformator dengan Penambahan Aditif Venol.
- Pranowo, D. (2009). *Bunga Rempai Kemiri Sunan*. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri.
- Sayogi, H. (2010). Analisis Mekanisme Kegagalan Isolasi pada Minyak Trafo Menggunakan Elektroda Berpolaritas Berbeda pada Jarum-Bidang.
- Sianipar, R. (2017, 10 24). *Apa itu Kemiri Sunan*. Retrieved from BPTP Balitbangtan Jawa Barat: <http://jabar.litbang.pertanian.go.id/index.php/info-teknologi/628-apa-itu-kemiri-sunan>
- Singgih, S. N., & Berahim, H. (2009, Juli-Desember). Analisis Pengaruh Keadaan Suhu Terhadap Tegangan Tembus AC dan DC pada Minyak Transformator. *Jurnal Teknik Elektro*, 1, 93-99.

- Sofyan, Ruslan, L., & Efendi, A. (2018). Studi Penuaan Minyak Transformator Distribusi . *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, pp. 63-71.
- Suyanto, M. (2014). Karakteristik Pengujian Minyak Nabati Sebagai Alternatif Isolasi Pengganti Minyak Transformator Distribusi 20 kV. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*. Yogyakarta.
- Syakir, M., & Karmawati, E. (2013). *Bahan Bakar Nabati Kemiri Sunan*. IAARD.
- Utomo, N. W. (2019). Studi Karakteristik Bio Transformer Oil Berbahan Dasar Minyak Kemiri Sunan (*Reutealis Trisperma Blanco*) Sebagai Alternatif Isolasi Cair Pada Transformator Daya.
- Vossen, H., & Umali, B. (2002). *Vegetable oils and Fats*. Prosea Foundation.
- Wibowo, W. K., Nugroho, H., Nugroho, T. A., Pertiwi, N. I., & Irawan, A. (2018). Analisis Efek Viskositas Terhadap Tegangan Tembus Minyak Transformator. *Jurnal Teknologia*.
- Wibowo, W. K., Yuningtyastuti, & Syakur, A. (2008). Analisis Karakteristik Breakdown Voltage Pada Dielektrik Minyak Shell Diala B Pada Suhu 30°C-130°C.



# **LAMPIRAN**

Tabel 1. Nilai Hasil Pengujian Massa Jenis

n	Variasi Apar TO 20 (x)	Massa Jenis (y)	x*y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
1	5%	0,8607	0,043035	0,0025	0,74080
2	10%	0,8551	0,08551	0,01	0,73119
3	15%	0,8461	0,12915	0,0225	0,71588
4	20%	0,8397	0,16794	0,04	0,7050
<b>Σ</b>	<b>0,5</b>	<b>3,4016</b>	<b>0,4234</b>	<b>0,075</b>	<b>2,89298</b>

Tabel 2. Nilai Hasil Pengujian Viskositas Kinematik

n	Variasi Apar TO 20 (x)	Viskositas Kinematik (y)	x*y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
1	5%	20,7048	1,0352	0,0025	428,6892
2	10%	17,8141	1,7814	0,01	317,3454
3	15%	13,5876	2,0381	0,0225	184,6252
4	20%	10,4964	2,0992	0,04	110,1754
<b>Σ</b>	<b>0,5</b>	<b>62,6031</b>	<b>6,9541428,</b>	<b>0,075</b>	<b>1040,8355</b>

**A. Perhitungan Regresi Linier**

Rumus perhitungan regresi linier

$$a = \frac{(\Sigma y)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)(\Sigma xy)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2} \quad b = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

1. Perhitungan regresi linier massa jenis ;  $y = a + bx$

Nilai konstanta (a)

$$a = \frac{(\Sigma y)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)(\Sigma xy)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$a = \frac{(3,4016)(0,075) - (0,5)(0,4234)}{4(0,075) - (0,5)^2}$$

$$a = \frac{0,04342}{0,05}$$

$$a = 0,8684$$

Nilai konstanta (b)

$$b = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$b = \frac{4(0,4234) - (0,5)(3,4016)}{4(0,075) - (0,5)^2}$$

$$b = \frac{-0,0072}{0,05}$$

$$b = -0,144$$

Setelah menghitung konstanta a dan b, didapatkan regresi linier dari massa jenis :

$$y = a + bx ; y = 0,8684 - 0,144x$$

2. Perhitungan regresi linier viskositas kinematik ;  $y = a + bx$

Nilai konstanta (a)

$$a = \frac{(\Sigma y)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)(\Sigma xy)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$a = \frac{(62,603146)(0,075) - (0,5)(6,954103)}{4(0,075) - (0,5)^2}$$

$$a = \frac{1,2182}{0,05}$$

$$a = 24,364$$

Nilai konstanta (b)

$$b = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$b = \frac{4(6,954103) - (0,5)(62,603146)}{4(0,075) - (0,5)^2}$$

$$b = \frac{27,8164 - 31,3015}{0,05}$$

$$b = -69,703$$

Setelah menghitung konstanta a dan b, didapatkan regresi linier dari viskositas kinematik

$$y = a + bx ; y = 2,4364 - 69,703x$$

## B. Perhitungan Korelasi

Rumus perhitungan korelasi

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2\} \cdot \{n \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

r = korelasi

n = jumlah data

### a. Perhitungan Korelasi Massa Jenis

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2\} \cdot \{n \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

$$r = \frac{4 \cdot 0,4234 - (0,5)(3,4016)}{\sqrt{\{4 \cdot 0,075 - (0,5)^2\} \cdot \{4 \cdot 2,89298 - (3,4016)^2\}}}$$

$$r = \frac{1,6936 - 1,7008}{\sqrt{\{0,3 - 0,25\} \cdot \{11,57192 - 11,57088\}}}$$

$$r = \frac{-0,0072}{\sqrt{0,05 \cdot 0,00104}}$$

$$r = -0,99846$$

### b. Perhitungan Korelasi Viskositas Kinematik

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2\} \cdot \{n \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

$$r = \frac{4 \cdot 6,9541 - (0,5)(62,6031)}{\sqrt{\{4 \cdot 0,075 - (0,5)^2\} \cdot \{4 \cdot 1040,8355 - (62,6031)^2\}}}$$

$$r = \frac{27,8164 - 31,3015}{\sqrt{\{0,3 - 0,25\} \cdot \{4163,342 - 3919,148\}}}$$

$$r = \frac{-3,49851}{\sqrt{0,05 \cdot 217,194}}$$

$$r = \frac{-3,4985}{3,2954}$$

$$r = -1,06$$



**C. Perhitungan Massa Jenis**

Rumus massa jenis :

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{\text{massa piknometer berisi minyak} - \text{massa piknometer kosong}}{\text{volume piknometer}}$$

Massa piknometer = 33,6097 gram

Volume piknometer = 24,7160 ml

- Minyak kemiri sunan dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 5%

1. Massa piknometer berisi minyak = 54,8850 gram

$$\rho = \frac{54,8850 - 33,6097}{24,7160}$$

$$\rho = \frac{21,2753}{24,7160}$$

$$\rho = 0,860791 \text{ gram/cm}^3$$

2. Massa piknometer berisi minyak = 54,8851 gram

$$\rho = \frac{54,8851 - 33,6097}{24,7160}$$

$$\rho = \frac{21,2754}{24,7160}$$

$$\rho = 0,860795 \text{ gram/cm}^3$$

3. Massa piknometer berisi minyak = 54,8801 gram

$$\rho = \frac{54,8801 - 33,6097}{24,7160}$$

$$\rho = \frac{21,2704}{24,7160}$$

$$\rho = 0,860592 \text{ gram/cm}^3$$

Rata-rata massa jenis dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 5%

$$\rho = \frac{0,860791 + 0,860795 + 0,860592}{3}$$

$$\rho = 0,860726 \text{ gram/cm}^3$$

- Minyak kemiri sunan dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 10%

1. Massa piknometer berisi minyak = 54,7464 gram

$$\rho = \frac{54,7464 - 33,6097}{24,7160}$$

$$\rho = \frac{21,1367}{24,7160}$$

$$\rho = 0,855183 \text{ gram/cm}^3$$

2. Massa piknometer berisi minyak = 54,7453 gram

$$\rho = \frac{54,7453 - 33,6097}{24,7160}$$

$$\rho = \frac{21,1356}{24,7160}$$

$$\rho = 0,855138 \text{ gram/cm}^3$$

3. Massa piknometer berisi minyak = 54,7469 gram

$$\rho = \frac{54,7469 - 33,6097}{24,7160}$$

$$\rho = \frac{21,1372}{24,7160}$$

$$\rho = 0,855203 \text{ gram/cm}^3$$

Rata-rata massa jenis dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 10%

$$\rho = \frac{0,855183 + 0,855138 + 0,855203}{3}$$

$$\rho = 0,855175 \text{ gram/cm}^3$$

- Minyak kemiri sunan dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 15%

1. Massa piknometer berisi minyak = 54,5205 gram

$$\rho = \frac{54,5205 - 33,6097}{24,7160}$$

$$\rho = \frac{20,9108}{24,7160}$$

$$\rho = 0,846043 \text{ gram/cm}^3$$

2. Massa piknometer berisi minyak = 54,5243 gram

$$\rho = \frac{54,5243 - 33,6097}{24,7160}$$

$$\rho = \frac{20,9146}{24,7160}$$

$$\rho = 0,846197 \text{ gram/cm}^3$$

3. Massa piknometer berisi minyak = 54,5264 gram

$$\rho = \frac{54,5264 - 33,6097}{24,7160}$$

$$\rho = \frac{20,9167}{24,7160}$$

$$\rho = 0,846282 \text{ gram/cm}^3$$

Rata-rata massa jenis dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 15%

$$\rho = \frac{0,846043 + 0,846197 + 0,846282}{3}$$

$$\rho = 0,846174 \text{ gram/cm}^3$$

• Minyak kemiri sunan dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 20%

1. Massa piknometer berisi minyak = 54,3654 gram

$$\rho = \frac{54,3654 - 33,6097}{24,7160}$$

$$\rho = \frac{20,7557}{24,7160}$$

$$\rho = 0,839768 \text{ gram/cm}^3$$

2. Massa piknometer berisi minyak = 54,3689 gram

$$\rho = \frac{54,3689 - 33,6097}{24,7160}$$

$$\rho = \frac{20,7592}{24,7160}$$

$$\rho = 0,839909 \text{ gram/cm}^3$$

3. Massa piknometer berisi minyak = 54,3633 gram

$$\rho = \frac{54,3633 - 33,6097}{24,7160}$$

$$\rho = \frac{20,7536}{24,7160}$$

$$\rho = 0,839683 \text{ gram/cm}^3$$

Rata-rata massa jenis dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 20%

$$\rho = \frac{0,839768 + 0,839909 + 0,839683}{3}$$

$$\rho = 0,839787 \text{ gram/cm}^3$$

#### D. Perhitungan Viskositas Kinematik

Rumus viskositas kinematik :

$$\mu = \frac{\pi Pr^4 t}{Vl}$$

$$V = \frac{\mu}{\rho}$$

Volume cairan yang mengalir = 2983 mm<sup>3</sup>

Tinggi viskometer (l) = 30 mm

Tekanan (P) = 1 atm

Jari-jari (r) = 8 mm

$\pi$  = 3,14

- Viskositas kinematik campuran minyak kemiri sunan dan BHT dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 sebesar 5%

1. Waktu laju alir = 126 sekon

$$\rho = 0,860791 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 126}{2983 \cdot 30}$$

$$\mu = 18,10863158$$

$$V = \frac{18,10863158}{0,860791}$$

$$V = 21,0371 \text{ cSt}$$

2. Waktu laju alir = 124 sekon

$$\rho = 0,860795 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 124}{2983,30}$$

$$\mu = 17,82119298$$

$$V = \frac{17,82119298}{0,860795}$$

$$V = 20,7031 \text{ cSt}$$

3. Waktu laju alir = 122 sekon

$$\rho = 0,860592 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 122}{2983,30}$$

$$\mu = 17,53375439$$

$$V = \frac{17,53375439}{0,860592}$$

$$V = 20,3740 \text{ cSt}$$

Rata-rata viskositas kinematik dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 sebesar 5%

$$V = \frac{21,0371 + 20,7031 + 20,3740}{3}$$

$$V = 20,7048 \text{ cSt}$$

- Viskositas kinematik campuran minyak kemiri sunan dan BHT dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 sebesar 10%

1. Waktu laju alir = 107 sekon

$$\rho = 0,855183 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 107}{2983,30}$$

$$\mu = 15,37796491$$

$$V = \frac{15.37796491}{0,855183}$$

$$V = 17.9820 \text{ cSt}$$

2. Waktu laju alir = 106 sekon

$$\rho = 0.855138 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14. 1. (8)^4. 106}{2983.30}$$

$$\mu = 15.23424561$$

$$V = \frac{15.23424561}{0.855138}$$

$$V = 17.8149 \text{ cSt}$$

3. Waktu laju alir = 105 sekon

$$\rho = 0.855203 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14. 1. (8)^4. 105}{2983.30}$$

$$\mu = 15.09052632$$

$$V = \frac{15.09052632}{0.855203}$$

$$V = 17.6455 \text{ cSt}$$

Rata-rata viskositas kinematik dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 sebesar 10%

$$V = \frac{17.9820 + 17.8149 + 17.6455}{3}$$

$$V = 17.8141 \text{ cSt}$$

- Viskositas kinematik minyak campuran kemiri sunan dan BHT dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 sebesar 15%

1. Waktu laju alir = 80 sekon

$$\rho = 0.846043 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14. 1. (8)^4. 80}{2983.30}$$

$$\mu = 11.49754386$$

$$V = \frac{11.49754386}{0.846043}$$

$$V = 13.5897 \text{ cSt}$$

2. Waktu laju alir = 81 sekon

$$\rho = 0.846197 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 81}{2983.30}$$

$$\mu = 11.64126316$$

$$V = \frac{11.64126316}{0.846197}$$

$$V = 13.7571 \text{ cSt}$$

3. Waktu laju alir = 79 sekon

$$\rho = 0.846282 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 79}{2983.30}$$

$$\mu = 11.35382456$$

$$V = \frac{11.35382456}{0.846282}$$

$$V = 13.4161 \text{ cSt}$$

Rata-rata viskositas kinematik dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO

20 sebesar 15%

$$V = \frac{13.5897 + 13.7571 + 13.4161}{3}$$

$$V = 13.5876 \text{ cSt}$$

- Viskositas kinematik campuran minyak kemiri sunan dan BHT dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 sebesar 20%

1. Waktu laju alir = 63 sekon

$$\rho = 0.839768 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 63}{2983.30}$$

$$\mu = 9.054315789$$

$$V = \frac{9.054315789}{0.839768}$$

$$V = 10.7819 \text{ cSt}$$

2. Waktu laju alir = 61 sekon

$$\rho = 0.839909 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 61}{2983.30}$$

$$\mu = 8.766877193$$

$$V = \frac{8.766877193}{0.839909}$$

$$V = 10.4378 \text{ cSt}$$

3. Waktu laju alir = 60 sekon

$$\rho = 0.839683 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 60}{2983.30}$$

$$\mu = 8.623157895$$

$$V = \frac{8.623157895}{0.839683}$$

$$V = 10.2695 \text{ cSt}$$

Rata-rata viskositas kinematik dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO

20 sebesar 20%

$$V = \frac{10.7819 + 10.4378 + 10.2695}{3}$$

$$V = 10.4964 \text{ cSt}$$



Perhitungan matematis prediksi nilai tegangan tembus bio minyak trafo terhadap penambahan variasi Apar Poweroil TO 20.

1. Mengacu dari data pengujian tegangan tembus sebelumnya pada penelitian Nur Wahyu Utomo. Pada persentase Apar TO 20 sebesar 15% dan 20% didapatkan nilai tegangan tembus 44,02 kV dan 48,78 kV (Utomo, 2019). Dengan komposisi sebagai berikut :

Minyak Kemiri sunan	Fenol	Apar TO 20	Tegangan Tembus
750 ml	100 ml	150 ml	44,02 kV
700 ml	100 ml	200 ml	48,78 kV

Dari data tersebut dilakukan perhitungan persamaan dengan 3 variabel (x,y,z) dimana x=minyak kemiri sunan, y = aditif fenol, z = Apar TO 20.

$$75x + 10y + 15z = 44,02$$

$$70x + 10y + 20z = 48,78$$

$$\begin{array}{r} 75x + 15z = 44,02 \quad |4| \\ 70x + 20z = 48,78 \quad |3| \end{array} \quad \begin{array}{l} 300x + 60z = 176,08 \\ 210x + 60z = 146,34 \end{array}$$

$$90x = 29,74$$

$$x = \mathbf{0,33}$$

$$75x + 15z = 44,02$$

$$24,75 + 15z = 44,02$$

$$z = \mathbf{1,285}$$

dari data tersebut didapatkan koefisien x = 0,33 dan z = 1,285

2. Untuk mendapatkan koefisien dari BHT (y) yaitu dengan data penelitian yang telah dilakukan oleh Ade Firmansyah. Dimana diambil dari persentase penambahan BHT 10% dan 20% dengan nilai tegangan tembus 24,3 kV dan 34,9 kV (Firmansyah, 2019).

$$90x + 10y = 24,3 \quad |2| \quad 180x + 20y = 48,6$$

$$80x + 20y = 34,9 \quad |1| \quad \underline{80x + 20y = 34,9}$$

$$100x = 13,7 \quad x = \mathbf{0,137}$$

$$90x + 10y = 24,3$$

$$10y = 11,97 \quad y = \mathbf{1,197}$$

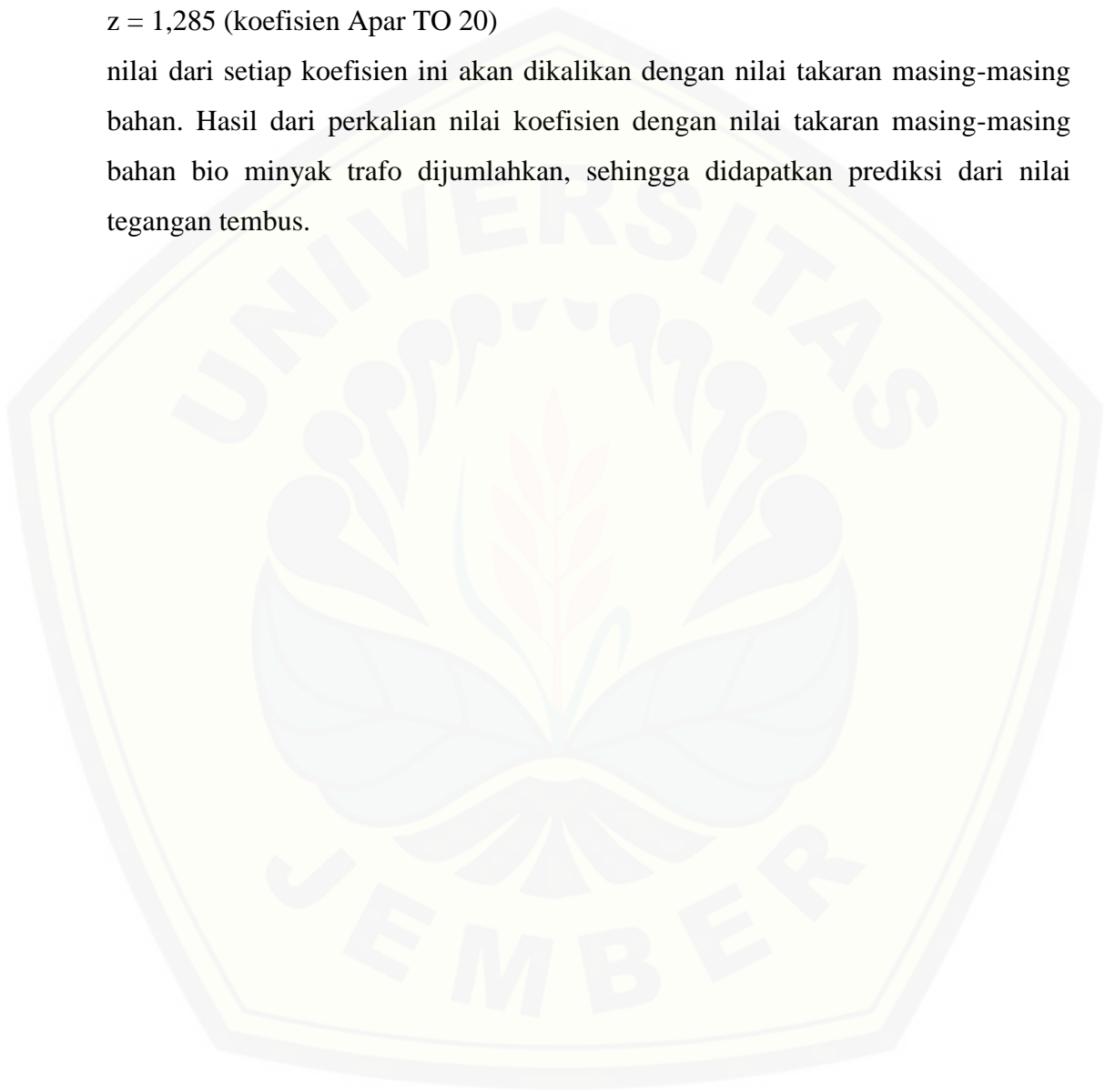
Perhitungan secara matematis didapatkan 3 koefisien yaitu koefisien minyak kemiri sunan (x), BHT (y) dan Apar Poweroil TO 20 (z) sebagai berikut :

$x = 0,33$  (koefisien minyak kemiri sunan)

$y = 1,197$  (koefisien BHT)

$z = 1,285$  (koefisien Apar TO 20)

nilai dari setiap koefisien ini akan dikalikan dengan nilai takaran masing-masing bahan. Hasil dari perkalian nilai koefisien dengan nilai takaran masing-masing bahan bio minyak trafo dijumlahkan, sehingga didapatkan prediksi dari nilai tegangan tembus.





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS FARMASI

Jalan Kalimantan 1 No.2 Kampus Tegalboto Jember 68121  
Telp. / Fax. (0331) 324736, Web : <http://farmasi.unej.ac.id/>

DATA PENGUJIAN MASSA JENIS BIO MINYAK TRAF0

Nama : ERWIN SETIYANDANI Prodi : S1 Teknik Elektro  
NIM : 131910201015 Fakultas : Teknik  
Volume Piknometer : 24,716 ml Massa Piknometer : 33,6097 gram  
Variasi Penambahan Apar Poweroil TO 20

Kapasitas	Jumlah Komposisi			Persentase Apar Poweroil TO 20
	Minyak Kemiri sunan	BHT	Apar Poweroil TO 20	
1000 ml	760 ml	190 ml	50 ml	5%
	720 ml	180 ml	100 ml	10%
	680 ml	170 ml	150 ml	15%
	640 ml	160 ml	200 ml	20%

Variasi Apar Poweroil TO 20	Pengulangan	Massa (gram)	Massa Cairan (gram)	Massa Jenis (gram/cm <sup>3</sup> )
5%	1	54,8850	21,2753	0,860791
	2	54,8851	21,2754	0,860795
	3	54,8801	21,2704	0,860592
	Rata-rata	54,8834	21,2737	0,860726
10%	1	54,7464	21,1367	0,855183
	2	54,7453	21,1356	0,855138
	3	54,7469	21,1372	0,855203
	Rata-rata	54,7462	21,1365	0,855175
15%	1	54,5205	20,9108	0,846043
	2	54,5243	20,9146	0,846197
	3	54,5264	20,9167	0,846282
	Rata-rata	54,5237	20,9140	0,846174
20%	1	54,3654	20,7557	0,839768
	2	54,3689	20,7592	0,839909
	3	54,3633	20,7536	0,839683
	Rata-rata	54,3659	20,7562	0,839787

Jember, 22 Juni 2020

Mengetahui,

Kabag. Kimia Farmasi Fakultas Farmasi  
Universitas Jember



*[Signature]*  
Dwi Koko Pratoko, S. Farm., M.Sc., Apt.  
NIP. 198504282009121004



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS FARMASI

Jl. Kalimantan 1 No. 2 Kampus Tegay Boto Jember 68121 Telp/Fax. (0331) 324736

DATA PENGUJIAN VISKOSITAS KINEMATIK BIO MINYAK TRAFU

Nama : ERWIN SETIYANDANI Prodi : S1 Teknik Elektro  
NIM : 131910201015 Fakultas : Teknik

No	Parameter	Nilai
1	Volume Cair yang Mengalir	2983 mm <sup>3</sup>
2	Tinggi Viskometer	30 mm
3	Tekanan	1 atm
4	Jari-jari	8 mm

Penambahan Variasi Apar Poweroil TO

Kapasitas	Jumlah Komposisi			Persentase Apar Poweroil TO 20
	Minyak Kemiri sunan	BHT	Apar Poweroil TO 20	
1000 ml	760 ml	190 ml	50 ml	5%
	720 ml	180 ml	100 ml	10%
	680 ml	170 ml	150 ml	15%
	640 ml	160 ml	200 ml	20%

Variasi Apar Poweroil TO 20	Pengulangan	Laju Alir (s)	Massa Jenis (gram/cm <sup>3</sup> )	Viskositas Kinematik (cSt)
5%	1	126	0,860791	21.0371
	2	124	0,860795	20.7031
	3	122	0,860592	20.3740
	Rata-rata	124	0,860726	20.7048
10%	1	107	0,855183	17.9820
	2	106	0,855138	17.8149
	3	105	0,855203	17.6455
	Rata-rata	106	0,855175	17.8141
15%	1	80	0,846043	13.5897
	2	81	0,846197	13.7571
	3	79	0,846282	13.4161
	Rata-rata	80	0,846174	13.5876
20%	1	63	0,839768	10.7819
	2	61	0,839909	10.4378
	3	60	0,839683	10.2695
	Rata-rata	61.33	0,839787	10.4964

Jember, 24 Juni 2020

Mengetahui,

Kabag. Farmasetika Fakultas Farmasi  
Universitas Jember



Dwi Nurahmanto, S.Farm., M.Sc., Apt.  
NIP. 198401242008011001

